



# गृहोपयोगी विज्ञान

[ गृह-विज्ञान : इंटरमिडियेट (कला) के लिए ]

लेखिका

डॉ० (श्रीमती) गौरी गांगुली

पी० एच० डी० (डवलिन), एफ० आर० एम० एस०  
(लंदन), एफ० आर० इ० एस० (लंदन), एफ०  
जेड०, एस० आई०, एफ० ए० जेड०, एफ०  
आई० ए० एस० जेड०, एफ० इ० एस० आई०  
रीडर, स्नातकोत्तर प्राणि-विज्ञान-विभाग,

पटना विश्वविद्यालय

पुनरीक्षक

प्रो० महेन्द्रनारायण वर्मा



बिहार हिंदी ग्रंथ अकादमी

पटना

© बिहार हिंदी ग्रंथ अकादमी, १९७८

विश्वविद्यालय-स्तरीय ग्रंथ-निर्माण-योजना के अंतर्गत भारत-सरकार (शिक्षा तथा समाज-कल्याण-मंत्रालय) के शत-प्रतिशत अनुदान से बिहार हिंदी ग्रंथ अकादमी द्वारा प्रकाशित ।

प्रकाशित ग्रंथ-संख्या : १६१

प्रथम संस्करण • अक्टूबर '७८  
२००० (दो हजार) प्रतियाँ

मूल्य : रु० २५.०० (पच्चीस रुपए)

प्रकाशक :

बिहार हिंदी ग्रंथ अकादमी  
सम्मेलन-भवन, पटना-८००००३

मुद्रक

शंकर प्रेस

दरियापुर गोला, पटना-८००००३

(संग्रह ६ -)

डा० वि प्रकाश अजिहोत्री

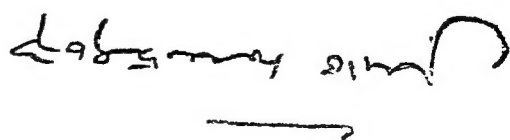
प्रस्तावना

शिक्षा-संबंधी राष्ट्रीय नीति-संकल्प के अनुपालन के रूप में विश्वविद्यालयों में उच्चतम स्तरों तक भारतीय भाषाओं के माध्यम से शिक्षा के लिए आवश्यक सामग्री सुलभ कराने के उद्देश्य से भारत-सरकार के इन भाषाओं में विभिन्न विषयों के मानक ग्रंथों के निर्माण, अनुवाद और प्रकाशन की योजना परिचालित की है। इस योजना के अंतर्गत अंग्रेजी तथा अन्य भाषाओं के प्रामाणिक ग्रंथों का अनुवाद किया जा रहा है और मौलिक ग्रंथ भी लिखाए जा रहे हैं। यह कार्य भारत-सरकार विभिन्न राज्य-सरकारों के माध्यम से तथा अशत केन्द्रीय अभिकरण द्वारा करा रही है। हिंदीभाषी राज्यों में इस योजना के परिचालन के लिए भारत-सरकार के शत-प्रतिशत अनुदान से राज्य-सरकार द्वारा स्वायत्तशासी निकायों की स्थापना हुई है। बिहार में इस योजना का कार्यान्वयन बिहार हिंदी ग्रंथ अकादमी के तत्वावधान में हो रहा है।

योजना के अंतर्गत प्रकाश्य ग्रंथों में भारत-सरकार द्वारा स्वीकृत मानक पारिभाषिक शब्दावली का प्रयोग किया जाता है, ताकि भारत की सभी शैक्षणिक सस्थाओं में समान पारिभाषिक शब्दावली के आधार पर शिक्षा का आयोजन किया जा सके।

प्रस्तुत ग्रंथ गृहोपयोगी विज्ञान डॉ० (श्रीमती) गौरी गांगुली की मौलिक कृति है, जो भारत-सरकार के शिक्षा तथा समाज-कल्याण-मंत्रालय के शत-प्रतिशत अनुदान से बिहार हिंदी ग्रंथ अकादमी द्वारा प्रकाशित की जा रही है।

आशा है, अकादमी द्वारा मानक ग्रंथों के प्रकाशन-संबंधी इस प्रयास का सभी क्षेत्रों में स्वागत किया जायगा।



पटना,  
अक्टूबर, १९७८

अध्यक्ष  
बिहार हिंदी ग्रंथ अकादमी





## प्रकाशकीय वक्तव्य

प्रस्तुत ग्रंथ की लेखिका डॉ० (श्रीमती) गौरी गांगुली, एक अनुभवी अध्यापिका हैं। अपने अध्यापन जीवन के लम्बे अनुभवों के आधार पर इन्होंने कई पुस्तकें लिखी हैं। प्रस्तुत ग्रंथ उन्हीं में से एक है।

ग्रंथ, पटना तथा कई अन्य विश्वविद्यालयों के इंटरमिडियेट कला के गृह-विज्ञान-विषयक पाठ्यक्रम पर आधारित है। बिहार हिंदी ग्रंथ अकादमी द्वारा प्रकाशित अन्य तीन ग्रंथ—शरीर क्रिया विज्ञान, स्वास्थ्य एवं जीवाणु-विज्ञान तथा प्रायोगिक गृह-विज्ञान—के साथ, प्रस्तुत ग्रंथ, गृहोपयोगी विज्ञान, भी पटना विश्वविद्यालय द्वारा, गृह-विज्ञान विषय के पाठ्यपुस्तक के रूप में निर्धारित है। इस ग्रंथ में पटना विश्वविद्यालय की गृह-विज्ञान-परीक्षा के प्रथम पत्र का सम्पूर्ण पाठ्यक्रम समाविष्ट है।

प्रो० रामेश्वरनाथ तिवारी ने इस ग्रंथ का भाषा-संशोधन किया है—साथ ही, पुस्तक के प्रणयन तथा प्रकाशन में अन्य सभी के प्रत्यक्ष या परोक्ष सहयोग के लिए अकादमी आभारी है।

कई अनिवार्य कारणों से ग्रंथ के प्रकाशन में कुछ देर हो गई। इसके चलते विद्यार्थियों को जा कठिनाई हुई है, उसके लिए हमें खेद है।

—दामोदर ठाकुर

निदेशक

पटना,

अक्तूबर, १९७८

बिहार हिंदी ग्रंथ अकादमी



## दो शब्द

गृह-विज्ञान-शिक्षा के उद्देश्यों को ध्यान में रखकर, हमारे दैनंदिन जीवन, घरेलू काम-काज, रहन-सहन और आवश्यकताओं को देखते हुए, इस ग्रंथ की विषय-वस्तु प्रस्तुत की गई है। विषय-वस्तु का मुख्य आधार, हमारे दैनंदिन जीवन में विज्ञान का स्थान तथा व्यावहारिक प्रयोग है। ग्रंथ में दिये गए अधिकांश उदाहरण, हमारे घरेलू जीवन के दैनिक व्यवहार से लिये गए हैं। यह ग्रंथ, पटना तथा अन्य विश्वविद्यालयों में, गृह-विज्ञान के इंटरमिडियेट कला स्तर के लिए स्वीकृत पाठ्यक्रम पर आधारित है।

विज्ञान की शिक्षा में 'प्रयोग' का बहुत महत्वपूर्ण स्थान होता है। लेकिन, गृह-विज्ञान की पढाई के लिए, प्रयोगशाला की सुविधा बहुत ही सीमित होती है। इसलिए पुस्तक में, यथासंभव, ऐसे प्रयोगों का वर्णन दिया गया है, जिन्हें इन सीमित सुविधाओं के अंदर किया तथा कराया जा सकता है। इसके लिए भारत-सरकार के प्रकाशन-विभाग (सूचना और प्रसारण-मंत्रालय) द्वारा प्रकाशित 'सरल साज-सामान से वैज्ञानिक प्रयोग' नामक पुस्तक, जो राष्ट्रसंघ शिक्षा और संस्कृति संस्था द्वारा प्रकाशित 'यूनेस्को सोर्स बुक फॉर साइंस टीचिंग' का हिंदी अनुवाद है, की सहायता ली जा सकती है।

ग्रंथ में, वैज्ञानिक तथा तकनीकी शब्दों की हिंदी परिभाषा, भारत-सरकार के शिक्षा-मंत्रालय के केंद्रीय हिंदी निदेशालय द्वारा प्रकाशित 'पारिभाषिक शब्द-संग्रह' से ली गई है। विद्यार्थियों की सुविधा के लिए उचित स्थानों पर, कोष्ठक के अंदर, अंग्रेजी शब्द भी दिये गए हैं।

—गौरी गांगुली



## विषय-सूची

### विषय-प्रवेश

अध्याय	पृष्ठ संख्या
१. दैनंदिन जीवन में विज्ञान ... ..	१-३
२. द्रव्य और ऊर्जा ... ..	४-१५
<p>द्रव्य, द्रव्य की तीन अवस्थाएँ, द्रव का पार्श्विक तथा अधोमुखी दाव, उत्प्लावकता, पैस्कल का नियम, द्रव-चालित दाव-यंत्र, द्रव्य अविनाशी है, उर्जा ।</p>	
३. माप ... ..	१६-२५
<p>फुट-पौंड की प्रामाणिक माप, दशमलव-प्रणाली की मानक माप, फुट-पौंड पद्धति, मीटरी पद्धति, विभिन्न प्रणालियों की मापों में संबंध, घरेलू माप, समय की माप, लंबाई मापना, लंबन अशुद्धि, शून्य त्रुटि, वक्र रेखा मापना, गोले का व्यास मापना, क्षेत्रफल, आयतन, अनियमित ठोस वस्तु का आयतन मापना, द्रव का आयतन ।</p>	
४. द्रव्यमान और वजन ... ..	२६-३६
<p>साधारण तराजू, अशुद्ध तराजू, भौतिक तुला, भौतिक तुला से तौलना, रोमन काँटा या विषमभुज तुला, प्लैट-फार्म तुला, चौकी तुला, कमानीदार तुला ।</p>	
५. समय की माप ... ..	४०-४६
<p>लोलक, लोलक का नियम, लंबाई का नियम, लोलक घड़ी, विराम घड़ी, बालू घड़ी और जल घड़ी, सूर्य घड़ी ।</p>	

## रसायन-शास्त्र

१. विषय-प्रवेश	...	...	४६—५२
२. तत्त्व, यौगिक, परमाणु, अणु	...	...	५३—६०
पदार्थ की बनावट, परमाणु की बनावट, धातु, अधातु, अणु, रासायनिक सूत्र ।			
३. मिश्रण	—	...	६१—६५
विलयन, संतृप्त विलयन, तत्त्व, यौगिक और मिश्रण में अंतर ।			
४. मिश्रित पदार्थों का पृथक्करण	...	...	६६—७८
यांत्रिक विधि, प्रयोगशाला विधि, तलछटीकरण और निथारना, निम्ब्यदन, साधारण घरेलू फिल्टर, आसवन, लैविस सघनक, उर्ध्वपातन, क्रिस्टलीकरण, अवक्षेपन ।			
५. द्रव्य में भौतिक तथा रासायनिक परिवर्तन	...	...	७९—८४
भौतिक परिवर्तन के उदाहरण, रासायनिक परिवर्तन के उदाहरण, भौतिक तथा रासायनिक परिवर्तन में अंतर ।			
६. अम्ल, समाक्षार, लवण	...	...	८५—९१
अम्ल, सलफ्यूरिक अम्ल, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, समाक्षार, क्षार के गुण, लवण ।			
७. वायु	...	...	९२—११३
वायु के अवयव, आक्सीजन, आक्सीजन बनाने की विधियाँ, आक्सीजन के गुण, आक्सीजन के उपयोग, नाइट्रोजन, प्रयोगशाला में नाइट्रोजन बनाना, नाइट्रोजन के गुण, उपयोगिता, नाइट्रोजन के यौगिक-अमोनिया, प्रयोगशाला में अमोनिया बनाना, अमोनिया का उपयोग, नाइट्रोजनयुक्त खाद, नाइट्रिक अम्ल,			

गुण, उपयोगिता, जलीय वाष्प, कार्बन-डाइ-आक्साइड, प्रयोगशाला में कार्बन-डाइ-आक्साइड, बनाना, भौतिक गुण, रासायनिक गुण, कार्बन-डाइ-आक्साइड का उपयोग, अग्निशामक यंत्र ।

८. वायु की अशुद्धियाँ तथा वायुशोधक ... ११४—११८

कार्बन-डाइ-आक्साइड, धूल, जीवाणु, जलवाष्प, वायु-शोधन ।

९. दहन : श्वास-क्रिया : जंग लगना ... ११९—१२६

दहन, श्वास-क्रिया, जंग लगना, जंग लगने में नमी की आवश्यकता ।

१०. जल ... १२७—१४६

जल का उद्गम, समुद्र, वर्षा, नदी, झील और तालाब, कुएँ, नलकूप, झरना और सोता, नुषार, खनिज पानी तथा मीठा पानी, पानी शुद्ध करना, छानना, बड़े पैमाने पर पानी साफ करना तथा जल संभरण तंत्र, रासायनिक विधि, स्रवण, उवालना, जल के उपादान, हाइड्रोजन, हाइड्रोजन गैस बनाने की विधि, प्रयोगशाला में हाइड्रोजन बनाने की विधि, हाइड्रोजन के गुण, रासायनिक गुण, हाइड्रोजन का उपयोग, आक्सीजन, नाइट्रोजन, कार्बन-डाइ-आक्साइड तथा हाइड्रोजन के गुणों की तुलना, कठोर तथा कोमल जल, कठोर जल, अस्थायी कठोरता, स्थायी कठोरता, कठोर जल से नुकसान ।

११. धातु और अधातु ... १४७—१५३

धातुओं तथा अधातुओं में अंतर, भौतिक गुणों के आधार पर अंतर, खनिज, धातु खनिज, अधातु खनिज, इंधन खनिज, पेट्रोलियम, धातु विज्ञान, मिश्र धातु ।



१२. धातु ... १५४—१६३

तांबा, उपस्थिति, तांबे के गुण, तांबे का उपयोग, पीतल, काँसा, गन मेटल, वेल मेटल, जर्मन सिल्वर, लोहा, लोहे का अयस्क, लोहे का गुण, ढलवाँ लोहा या बूँदा, पिटा लोहा या नरम लोहा, इस्पात, लोहे का मिश्र धातु, क्रोमियम इस्पात या स्टेनलेस स्टील, निकल इस्पात, मैंगनीज इस्पात, टंगस्टन इस्पात, इनवार इस्पात, लोहे के यौगिक, ऐल्युमिनियम, के गुण, ऐल्युमिनियम का मिश्र धातु, ऐल्युमिनियम के यौगिक ।

१३. अधातु ... १६४—१७६

कार्बन, हीरा, कृत्रिम हीरा, ग्रेफाइट, कोयला, कजली पत्थर कोयला, गंधक, गंधक उत्पादन, गंधक के गुण और उपयोग, सल्फर-डाइ-ऑक्साइड, सल्फर-डाइ-ऑक्साइड गैस बनाना, सल्फर-डाइ-ऑक्साइड के गुण ।

१४. कुछ यौगिक ... १७७—१८१

सोडियम क्लोराइड, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के गुण, अम्लराज, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का उपयोग, शोरा, कपड़ा धोने का सोडा, नौसादर, चूना, तुलिया, हरा कसीस ।

१५. कार्बनिक रसायन ... १८२—१९२

मिथेन, एसिटीलिन, अलकोहल, मिथाइल अलकोहल, इथाइल अलकोहल, ग्लिसरीन या ग्लिसरॉल, ईथर, एसिटिक अम्ल, फॉर्मिक अम्ल, लैक्टिक अम्ल, कार्बो-हाइड्रेट, ग्लूकोज, चीनी या इक्षु-शर्करा, स्टार्च या मंड, सैलूलोज, प्रोटीन ।

## भौतिकी

१. यंत्र ... १६५—२०१  
कुछ नित्य प्रयोजनीय साधारण यंत्र, उत्तोलक, धिरनी, नत समतल ।
- २ गति तथा न्यूटन की गति के नियम ... २०२—२१२  
विराम तथा गति, चाल, वेग, सापेक्ष वेग, त्वरण, वेग-मंदन, संवेग, न्यूटन की गति के नियम, जड़ता, विराम-जड़ता, गति-जड़ता, बल का सिद्धांत, बल, घर्षण बल, अपकेंद्री तथा अभिकेंद्री बल, प्रतिक्रिया का सिद्धांत, गुरुत्वाकर्षण ।
३. घनत्व तथा आर्किमिदिस का सिद्धांत ... २१३—२२६  
घनत्व, आपेक्षिक घनत्व, विशिष्ट गुरुत्व, आर्किमिदिस का सिद्धांत, आर्किमिदिस के सिद्धांत का व्यावहारिक प्रयोग, द्रव पदार्थ का वि० गु० निकालना, पानी में तैरनेवाली वस्तु का वि० गु० निकालना, बहुत बड़ी वस्तु का वजन निकालना, जहाज, नाव आदि का तैरना, पनडुब्बी, जीवन बेल्ट, गुब्बारा, द्रव-घनत्व-मापी, साधारण द्रव-घनत्वमापी, दुग्ध-घनत्वमापी, निकलसन द्रव-घनत्वमापी, ठोस का वि० गु० निकालना ।
४. वायु का दाब ... २२७—२४२  
वायुमंडल, वायु का वजन, वायु का दाब, मँगडेवर्ग अर्द्धगोलक, वायु का दाब नापनेवाला यंत्र, बॅरोमीटर का निर्माण, एनिरायड बॅरोमीटर या निर्द्रव वायु-दावमापी, वायु दाब और मौसम, बॅरोमीटर से ऊँचाई का ज्ञान, वायु के दाब का व्यावहारिक प्रयोग, पंप, रेचक (या निर्वातक) पंप, साइफन ।

५. ऊष्मा ... २४३—२४६

ऊष्मा उत्पन्नक, सूर्य, आग-इंधन, विद्युत्, परमाणुओं के विखंडन से ऊष्मा-उत्पादन, घरेलू काम के लिए इंधन का चुनाव, गोबर गैस ।

६. तापमान तथा तापमापी यंत्र ... २५०—२६०

तापमापी या थर्मामीटर, थर्मामीटर का निर्माण, हिमांक निर्धारण, क्वथनांक निर्धारण, तापमान मापने का मात्रक, सेटीग्रैड स्केल, फारेनहाइट स्केल, रोमर स्केल, तापमान का एक दूसरे स्केल में परिवर्तित, डाक्टरी थर्मामीटर, सिक्स का अधिकतम-निम्नतम थर्मामीटर, थर्मामीटर का व्यावहारिक प्रयोग, डाक्टरी थर्मामीटर का प्रयोग ।

७. पदार्थ पर ऊष्मा का प्रभाव ... २६१—२७४

ऊष्मा के प्रभाव से ठोस में प्रसार, प्रतिकारित लोचक, ऊष्मा के प्रभाव में द्रव का प्रसार, पानी का विचाली प्रसार, ऊष्मा से गैसीय पदार्थ का प्रसार, कमरे में सवातन, ऊष्मा तथा घनत्व, ऊष्मा से पानी का वाष्पन, नमी और मौसम, बादल, वर्षा और ओला, ओस, कुहरा तथा कुहासा, हिम, क्वथन, दाब कुकर, हिमकारी मिश्रण, तापस्थापी ।

८. कैलोरीमिति ... २७५—२८५

कैलोरी और बी० टी० यू० में सवध, विशिष्ट ऊष्मा, मौसम पर जल की उच्च विशिष्ट ऊष्मा का प्रभाव, तापमान में परिवर्तन के लिए आवश्यक ऊष्मा, अवस्था-परिवर्तन और ऊष्मा, मनुष्य-शरीर और ऊष्मा, ऊष्मा और कार्य, ऊष्मा-धारिता, कैलोरी-मीटर, कैलोरी-मीटर द्वारा विशिष्ट ऊष्मा की माप ।

९. ऊष्मा-संचरण ... २८६—२९५

संवहन, सनयन, विकिरण, थर्मस फ्लास्क, वातानुकूलन

१०. प्रकाश ... २९६—३०७

ज्योतिष्मान् वस्तु, प्रकाश संचरण, प्रकाश का सरल-  
रैखिक संचरण, किरण-पुंज, प्रदीपन तीव्रता तथा  
प्रदीपन क्षमता, द्रव्यात्मक माध्यम से प्रकाश का गमन,  
छाया, समरूप छाया बनाना, प्रच्छाया तथा उपच्छाया,  
ग्रहण ।

११. प्रकाश का परावर्तन ... ३०८—३२४

प्रतिबिंब, दर्पण, वास्तविक तथा आभासी प्रतिबिंब,  
समतल दर्पण द्वारा परावर्तन, प्रतिबिंब का पार्श्व-  
परिवर्तन, दो समांतर दर्पणों में प्रतिबिंब, परस्पर के  
साथ कोण बनाते हुए दर्पणों पर प्रतिबिंब, दर्पण में  
मनुष्य का अपना संपूर्ण शरीर देखना, परिदर्शी, बहु-  
रूपदर्शी, वक्रतल दर्पण, अवतल दर्पण द्वारा परावर्तन,  
उत्तल दर्पण द्वारा परावर्तन ।

१२. प्रकाश का वर्तन या अपवर्तन ... ३२५—३३५

वर्तन के नियम, वर्तन से उत्पन्न दृष्टिभ्रम,  
संपूर्ण परावर्तन, मरीचिका, प्रिज्म, प्रकाश विक्षेपन,  
इन्द्रधनुष ।

१३. लेस ... ३३६—३४०

लेस का प्रकाशीय केन्द्र, लेस द्वारा प्रतिबिंब बनाना,  
आवर्धक लेस, आवर्धक लेस द्वारा आग जलाना,  
अवतल लेस द्वारा प्रतिबिंब बनाना ।

१४. नेत्र                      ..                      ...                      ३४१—३५१

श्वेत तथा रजित पटल, कॉर्निया या स्वच्छ मंडल, आइरिस तथा तारा, लेस, रेटिना या दृष्टि पटल, दृष्टि-विकार, निकट दृष्टि, दूर दृष्टि, फोटो कैमरा, आँख और फोटो कैमरा, कैमरा का बक्सा, चलचित्र कैमरा, चलचित्र, सिनेमा फिल्म, सिनेमा प्रोजेक्टर ।

१५. घरो में प्रकाश-व्यवस्था                      ...                      ३५२—३५६

प्रदीप्ति की माप, लूमेन, समक्ष (प्रत्यक्ष) तथा असमक्ष (अप्रत्यक्ष) प्रदीप्ति, विभिन्न कार्यों के लिए आवश्यक प्रदीप्ति, प्रकाश का परावर्तन और प्रदीप्ति ।

१६. ध्वनि                      ...                      ३५७—३७३

ध्वनि की उत्पत्ति, ध्वनि का गमन तथा माध्यम, ध्वनि का प्रसारण, ध्वनि का परावर्तन, प्रतिध्वनि, सुरीली ध्वनि, वाद्ययंत्र, तारवाले वाद्ययंत्र, वायु-वाद्ययंत्र, हारमोनियम, वाँसुरी, तनुपट या डायफ्रामवाले वाद्य-यंत्र, मनुष्य की वागिन्द्रिय, ध्वनि जिसे हम सुन नहीं सकते, मनुष्य का कान, बाहरी कान, मध्य कान, आंतरिक कान, श्रवण-विधि, वधिरता, ध्वनि का वेग ।

१७. ध्वनि-यंत्र                      ...                      ३७४—३७८

ग्रामोफोन, ध्वनि-अभिलेखन, ध्वनि का पुनरुत्पादन, टेलिफोन प्रेषक यंत्र, ग्राहक यंत्र, टेलिफोन एक्सचेंज, लाउड स्पीकर ।

१८. चुम्बक और चुम्बकत्व                      ...                      ३८०—३८४

मैग्नेटाइट या दिक्सूचक पत्थर, कृत्रिम चुम्बक, चुम्बक ध्रुव तथा चुम्बकीय अक्ष, ध्रुव की आकर्षण-शक्ति, ध्रुवों का आकर्षण तथा विकर्षण, चुम्बकीय पदार्थ,

चुम्बक और चुम्बकीय पदार्थ में अंतर, कृत्रिम चुम्बक बनाना, विद्युत् द्वारा चुम्बक बनाना, प्रेरण द्वारा चुम्बकन, प्रेरित ध्रुव, चुम्बकत्व की परीक्षा, विकर्षण द्वारा ध्रुवों की परीक्षा, चुम्बकत्व का आणविक सिद्धांत, चुम्बकीय क्षेत्र, चुम्बकीय बल-रेखा, चुम्बकीय परदा, विचुम्बकन, चुम्बक की सुरक्षा ।

१९. सू-चुम्बकत्व ... ३८५—४००

चुम्बकीय नमन, चुम्बकीय भूमध्यरेखा, नमन-मापी, दिक्पात, चुम्बक का उपयोग, चुम्बकीय दिक्सूचक, दिक्सूचक सूई, नाविको का दिक्सूचक, चुम्बक का अन्य उपयोग ।

२०. विद्युत् ... ४०१—४१२

स्थिर विद्युत्, धन तथा ऋण विद्युत्, विद्युद्दर्शी, स्वर्ण-पत्र विद्युद्दर्शी, विद्युत्चालक, विद्युत् के अचालक, विद्युत्रोधी या अचालक वस्तुओं की उपयोगिता, वैद्युत्-प्रेरण, परीक्षण पट्टिका ।

२१. वायुमंडलीय विद्युत् तथा तड़ित् ... ४१३—४१७

तड़ित् की उत्पत्ति, तड़ित्-चालक, वज्रपात से सुरक्षा

२२. विद्युत्-धारा ... ४१८—४३६

वोल्टा का ढेर, साधारण वोल्टीय सेल, लेकलांश सेल, डैनियल सेल, सूखा सेल, बैटरी, विद्युत्-चुम्बकीय प्रेरण, डायनेमो, प्रत्यावर्त्ती धारा, दिष्टधारा, प्रत्यावर्त्ती धारा को दिष्ट धारा में बदलना, विद्युत् मोटर, विद्युत् परिपथ, स्विच, वैद्युतिक उपकरणों को जोड़ना, प्रतिरोध, वैद्युतिक ऊर्जा और शक्ति, घर में विजली लगाना, तार लगाना, मुख्य स्वीच और मोटर, फ्यूज, फ्यूज तार बदलना ।

२३. विद्युत् का गृहोपयोग तथा गृहोपयोगी वैद्युतिक उपकरण ४४०—४५८

विजली की बत्ती, नलिका बत्ती, प्रतिदीप्ति तथा स्फुरदीप्ति, प्रतिदीप्त नलिका बत्ती, टार्च, विजली के पखे, विजली का चूल्हा तथा ऊष्मक, विजली की इस्तिरी, विजली की घंटी, रेफ्रिजरेटर, बर्फ से चलनेवाले रेफ्रिजरेटर, विजली का रेफ्रिजरेटर, गैस रेफ्रिजरेटर, शून्यक स्वच्छक, सुरक्षा, सावधानी ।

### जीव-विज्ञान

१. विषय-प्रवेश ... ४६१—४६७

जीव-विज्ञान की शाखाएँ, सजीव तथा निर्जीव पदार्थों में अंतर

२. प्राणी तथा वनस्पति ... ४६८—४७२

प्राणी तथा वनस्पति में अंतर, प्राणी तथा वनस्पति में परस्पर निर्भरशीलता, कार्बन चक्र, नाइट्रोजन चक्र ।

३. जीवद्रव्य ... ४७३—४८०

जीवद्रव्य तथा कोशिका, जीवद्रव्य की भौतिक रचना, जीवद्रव्य की रासायनिक रचना, ऊतक ।

४. विकास तथा आनुवंशिकता ... ४८१—४९०

डार्विन का सिद्धांत, मेडल के आनुवंशिकता का नियम ।

### वनस्पति विज्ञान

१. वनस्पति जगत् का दिग्दर्शन ... ४९३—४९८

थैलोफाइटा, एम्ब्रायोफाइटा

२. वैक्टीरिया	...	...	४६६—५१०
---------------	-----	-----	---------

गोलाणु या कोक्काइ, दंडाणु, वक्रिल दंडाणु, सर्पिल-  
दंडाणु, तरगिल दंडाणु, लाभदायक तथा हानिकारक  
वैक्टीरिया, प्रतिजैविक पदार्थ, पेनिसिलिन, टेट्रा-  
साइक्लिन औषधि, टेरासाइसिन, क्लोरमफेनिकोल,  
यीस्ट, वाइरस ।

३. पौधे के विभिन्न अंग	...	...	५११—५३०
------------------------	-----	-----	---------

जड़ या मूल, मूसल जड़, आगंतुक जड़, जड़ के कार्य,  
जड़ की रचना, तना, तने का प्रकार भेद, रूपांतरित  
तना, तने का कार्य, पत्ते, पत्तों की उपयोगिता, पत्तों  
के विभिन्न भाग, पत्रविन्यास, विभिन्न प्रकार के पत्ते,  
फूल, फूल के विभिन्न भाग, गुच्छ पुष्प, फल, साधारण  
फल, समूह फल, संयुक्त फल, फल के कार्य, बीज का  
फैलना ।

४. पौधे की जीवन-क्रिया	...	...	५३१—५३८
------------------------	-----	-----	---------

पोषाहार, प्रकाश-संश्लेषण, परजीवी पौधे, कीटभोजी  
पौधे, मृतोपजीवी पौधे, श्वसन, श्वसन और प्रकाश-  
संश्लेषण में अंतर, वाष्पोत्सर्जन, वाष्पोत्सर्जन की  
आवश्यकता, उत्सर्जन ।

५. आर्थिक और व्यावहारिक महत्त्व की वनस्पतियाँ	...	...	५३९—५५२
---	-----	-----	---------

कृषि, धान, गेहूँ, सरसो, मटर, चना, छीमीदार पौधों  
की विशेषता, साग-सब्जी, आलू, धरेलू, वगीचा, वस्त्र,  
कपास, जूट या पटसन, काष्ठ, औषधि, हानिकारक  
पौधे ।



## प्राणि-विज्ञान

१. प्राणि-जगत् का दिग्दर्शन ... — ५५५—५७१  
 वर्गीकरण, प्रोटोजोआ संघ, एक प्रोटोजोआ का परिचय,  
 अमीबा, मेटाजोआ, काईटा, वरटीनेटा ।
२. लाभदायक तथा हानिकारक प्राणी ... ५७२—६१५  
 लाभदायक प्राणी, मधुमक्खी, रेणुम के कीड़े का जीवन-  
 इतिहास, हानिकारक प्राणी, परजीवी प्राणी, बाह्य  
 परजीवी, मच्छर, मच्छरों से बचाव, खटमल, किलनी,  
 जूँएँ, चीलर, पिस्सू, जोंक, अंतःपरजीवी, प्लास-  
 मोडियम या मलेरिया परजीवी, एंटाम्बीवा, ट्रीपानोसोमा,  
 लैशमैनिया डोनोवानी, फीता कृमि, फीता कृमि का  
 जीवन-चक्र, टीनिया सैजिनेटा, टीनिया सोलियम,  
 हूक वर्म या अंकुश कृमि, हूक वर्म का जीवन-चक्र,  
 सूत्र-कृमि या चुन्ने, जीवन-चक्र, गोल कृमि, जीवन-  
 चक्र, यूचेरेरिया वैक्रफटाई, जीवन-चक्र, घरेलू मक्खी,  
 जीवन-चक्र, रोग-विस्तार, बचाव, दीमक ।

## विषय-प्रवेश

### दैनंदिन जीवन में विज्ञान

पेड़ में फल लगा है, लेकिन इतने ऊँचे पर कि हाथ नहीं आता। भूखा आदिम मानव एक डंडा उठाता है और उसकी सहायता से फल को तोड़ लेता है। इस अति साधारण काम से वह अन्य सभी प्राणियों से अपने को अलग कर लेता है और मनुष्य बन जाता है; क्योंकि इस क्रिया से वह, अन्य सभी प्राणियों के विपरीत केवल अपने हाथ-पैर तथा शारीरिक शक्ति पर ही निर्भर न रहकर एक यंत्र का व्यवहार करता है और प्राकृतिक साधन को अपनी आवश्यकता के अनुसार परिवर्तित करता है।

वह भूखा था। उसे फल की आवश्यकता थी। उसके सामने प्रश्न था 'फल कैसे मिले' ? उसने सोचा और पेड़ से एक लंबी डाली तोड़ ली। इस डाली का प्राकृतिक काम कुछ और ही था; पर उसने उसे परिवर्तित करके कुछ दूसरे ही काम में लगाया और इस क्रम में वह 'यंत्र बनाने वाला प्राणी' अर्थात् मनुष्य बन गया; क्योंकि केवल मनुष्य ही प्राकृतिक साधनों को अपनी आवश्यकता के अनुसार, सोच-विचार करके, परिवर्तित कर सकता है, दूसरा और कोई नहीं। कुछ प्राणी-यांत्रिक तौर पर प्रकृति के साधनों को अपने काम में लगाते हैं—जैसे चिड़ियाँ घोंसला बनाने में पत्ते आदि काम में लाती हैं; लेकिन केवल मनुष्य ही सोच-विचार करके ऐसा करता है।

मनुष्य की आवश्यकता तथा चिंतन का यही अन्त नहीं हुआ। अपनी आवश्यकता की पूर्ति के लिए वह नये-नये यंत्र बनाता गया, प्रकृति के साधनों में नये-नये परिवर्तन लाता गया और इस प्रक्रिया में वह खुद भी परिवर्तित होता गया। यह प्रक्रिया आज भी चालू है और भविष्य में भी चलती रहेगी।

साथ ही मनुष्य की जिज्ञासा अनंत है और उसकी चिंतन-शक्ति भी अपार है। बादल घिर आते हैं; बिजली चमकती है; पानी बरसता है; आंधी-तूफान प्रलय मचाते हैं। सुबह सूरज निकलता है, शाम को अस्त हो जाता है।

कभी अंधेरी रात तो कभी छिटकती चाँदनी। आदिम मानव ने इन सब चीजों को देखा और उसके मन में जिज्ञासा जगी—ये सब क्यों होते हैं ? कैसे होते हैं ? ये क्या हैं ?

पेड़ से फल गिरकर सड़ता है और बीज से फिर नया पौधा उगता है। आदिम मानव ने इसे देखा और उसके मन में फिर वही प्रश्न उठा—क्यों ? क्या ? और कैसे ?

मनुष्य की आवश्यकताओं की पूर्ति में और इन 'क्यों ? क्या ? और कैसे ?' की खोज में जन्म लेता है—विज्ञान। विज्ञान अर्थात् विशिष्ट ज्ञान, मानव-मन की जिज्ञासा की उपज है। मानव-मन की अनंत जिज्ञासा के चलते निरंतर विज्ञान की प्रगति होती जा रही है।

प्रकृति के साधनों को अपनी आवश्यकतानुसार परिवर्तित करने के लिए, या इस परिवर्तन हेतु आवश्यक यंत्र बनाने के लिए, यह आवश्यक है कि प्रकृति के नियमों तथा साधनों के संबंध में यथोचित ज्ञान हो। साथ ही, हमारे घरो में आये दिन नाना प्रकार की समस्याएँ उठती रहती हैं। विज्ञान का साधारण ज्ञान रहने पर इनमें से बहुतों का समाधान आसानी से किया जा सकता है। दिन-प्रतिदिन घरेलू काम-काज में यांत्रिक साधनों का इस्तेमाल बढ़ता जा रहा है। कुएँ से पानी खींचने की घिरनी से लेकर वैद्युतिक पम्प, गैस तथा वैद्युतिक चूल्हा, दाव कुकर, वैद्युतिक इस्तरी, प्रशीतक (refrigerator) आदि साधनों के घरेलू उपयोग बढ़ते जा रहे हैं। इन साधनों के यथोचित व्यवहार तथा इनकी सुरक्षा के लिए, विशेषकर वैद्युतिक साधनों को इस्तेमाल करते समय अपनी सुरक्षा के लिए भी विज्ञान के साधारण ज्ञान की आवश्यकता होती है।

केवल यही नहीं, स्वस्थ तथा सुखी जीवन के लिए और अपने पारिवारिक तथा सामाजिक कर्त्तव्यों को सही रूप से निभाने के लिए भी हमें अपने चारों ओर की वस्तुओं तथा जीव-जन्तुओं के विषय में प्रारंभिक ज्ञान प्राप्त कर लेना जरूरी है।

साथ ही, विज्ञान की शिक्षा मनुष्य की बुद्धि को तीक्ष्ण करती है और अधविश्वास तथा रूढ़िवाद की जंजीर से मुक्ति देकर मानसिक विकास का पथ प्रशस्त करती है।

विज्ञान का क्षेत्र विशाल और बहुमुखी है। अध्ययन की सुविधा के लिए इसे अनेक शाखा-प्रशाखाओं में विभक्त किया गया है। गृहोपयोगी सरल विज्ञान के इस खण्ड में, विज्ञान की कुछ प्रमुख शाखाओं के उन कुछ सरल सिद्धांतों का अध्ययन प्रस्तुत किया जाएगा जिनका हमारे दैनंदिन जीवन के साथ बड़ा घनिष्ठ संबंध है। वे शाखाएँ हैं—

१. रसायन विज्ञान (Chemistry)
२. भौतिक विज्ञान (Physics)
३. जीव विज्ञान (Biology)
  - (क) वनस्पति-विज्ञान (Botany)
  - (ख) प्राणि-विज्ञान (Zoology)

## द्रव्य और ऊर्जा

चक्षु, कर्ण, नासिका, जिह्वा तथा त्वचा—इन पाँच इंद्रियों की सहायता से सारी सृष्टि के साथ मनुष्य का परिचय होता है। पृथ्वी में विभिन्न तरह की वस्तुएँ हैं जिन्हें देखकर, सूँघकर, स्पर्श कर, चखकर या सुनकर, उनका ज्ञान मनुष्य को प्राप्त होता है।

इंद्रियों की सहायता से जिनका परिचय मिलता है, उन्हें दो भागों में बाँटा जा सकता है :—द्रव्य (matter) और ऊर्जा (energy)।

### द्रव्य

द्रव्य छोटे-बड़े, विभिन्न रूप तथा आकार के हो सकते हैं और विभिन्न अवस्थाओं में मिल सकते हैं। लेकिन सभी द्रव्यों में ये सात साधारण गुण होते हैं—१. वजन या भार (weight), २. आयतन (volume), ३. विभाज्यता (divisibility), ४. संसक्ति (cohesion), ५. प्रत्यास्थता (elasticity), ६. सरंध्रता (porosity), और ७. जड़ता (inertia)।

इस प्रकार द्रव्य वह सृष्टि है जिसे मनुष्य अपनी इंद्रियों की सहायता से जान पाता है और जिसमें वजन, आयतन, विभाज्यता, संसक्ति, प्रत्यास्थता, सरंध्रता तथा जड़ता के गुण होते हैं।

१. वजन या भार (Weight)—द्रव्य में, चाहे वह कितना ही छोटा क्यों न हो, कुछ-न-कुछ वजन अवश्य ही होता है। विश्व में कोई भी द्रव्य वजनहीन नहीं हो सकता। यहाँ तक कि जो द्रव्य इतना छोटा है कि उसे आँखों से देखा भी नहीं जा सकता, उसमें भी वजन होता है। बँकटीरिया इतना क्षुद्र होता है कि उसे सूक्ष्मदर्शी यंत्र की सहायता के बिना देखा नहीं जा सकता—फिर भी उसमें वजन होता है। वायु को भी हम देख नहीं सकते, लेकिन उसमें भी वजन होता है।

२. आयतन (Volume)—द्रव्य के अस्तित्व के लिए आवश्यक स्थान को उसका आयतन कहते हैं। क्षुद्र से क्षुद्र द्रव्य की भी कुछ न कुछ लंबाई,

चौड़ाई तथा मोटाई होती है और उसके अनुसार वह स्थान घेरता है। अति क्षुद्र बैकटीरिया का भी आयतन होता है।

३. विभाज्यता (**Divisibility**)—द्रव्य को विभाजित किया जा सकता है। अर्थात् क्षुद्र से क्षुद्र द्रव्य को तोड़कर क्षुद्रतम भागों में बाँटा जा सकता है। अंत तक ये टुकड़े इतने छोटे हो सकते हैं कि संभवतः उनमें से एक-एक को पृथक् करके खाली आँखों से देखा भी न जा सके। फिर भी उन टुकड़ों में से प्रत्येक में उस द्रव्य के समस्त गुण मौजूद होते हैं।

४. अणु (**molecule**)—द्रव्य के क्षुद्रतम कण को, जिसमें उस द्रव्य का समस्त गुण और विशेषता मौजूद रहती है, उस द्रव्यविशेष को अणु (**molecule**) कहते हैं। छोटा-बड़ा प्रत्येक द्रव्य असंख्य अणुओं की समष्टि से बनता है।

यह समझा जाता है कि अणु सर्वदा गतिशील रहते हैं। ठोस में उसके अणु परस्पर के संबंध में निश्चित स्थान में बँधे रहते हैं। इनकी गति केवल अणुओं के बीच शून्य स्थान में कंपन के रूप में होती है। द्रव के अणुओं के बीच की दूरी ठोस के अणुओं के बीच की दूरी से अधिक होती है। वे परस्पर के संबंध में निश्चित स्थान पर बँधे नहीं होते, बल्कि निरंतर गतिशील रहते हैं। इनकी गतिशीलता पात्र की दीवार और द्रव्य की सतह द्वारा सीमाबद्ध होती है। गैस के अणुओं के बीच की दूरी और भी अधिक होती है और उनकी गतिशीलता केवल पात्र की दीवार द्वारा सीमाबद्ध होती है।

५. संसक्ति (**Cohesion**)—द्रव्य अणुओं की समष्टि से बनता है। इन अणुओं में परस्पर आकर्षण-शक्ति होती है। इस आकर्षण-शक्ति को संसक्ति कहते हैं। संसक्ति के कारण प्रत्येक द्रव्य के अणु परस्पर जुड़े रहते हैं और बिखरकर अलग नहीं हो जाते हैं।

६. प्रत्यास्थता (**Elasticity**)—प्रत्येक द्रव्य में, बाहरी बल-प्रयोग के द्वारा, उसके आकार या आयतन बदलने की प्रवृत्ति की प्रतिरोध-शक्ति मौजूद होती है। इसके चलते बाहरी बल-के हट जाते ही वह फिर से अपना पहला रूप या आयतन को पा लेने की चेष्टा करता है। द्रव्य के इस गुण को प्रत्यास्थता कहते हैं। रबड़ के एक टुकड़े को खींचने से उसके आकार में

परिवर्तन हो जाता है और छोड़ देने से फिर से वह अपने पहलेका रूप ले लेता है। कुछ द्रव्य में प्रत्यास्थता अधिक और कुछ में कम होती है। जिसकी प्रत्यास्थता जितनी ही अधिक होती है, वाहरी बल-प्रयोग से उसके टूटने की संभावना उतनी ही कम होती है।

७. सरंध्रता (Porosity)—यद्यपि अधिकांश द्रव्योंको देखने से उनमें कोई छिद्र नहीं दिखाई पड़ता है, फिर भी, प्रत्येक द्रव्य के अणुओं के बीच कुछ-न-कुछ खाली स्थान अवश्य ही होता है। इस प्रकार प्रत्येक द्रव्य में असंख्य अति सूक्ष्म छिद्र होते हैं। ये छिद्र इतने छोटे होते हैं कि अणु जैसा इन्हें भी नगी आँखों से देखा नहीं जा सकता। केवल शक्तिशाली सूक्ष्मदर्शी यंत्र की सहायता से ही ये दिखाई दे सकते हैं। अणुओं के बीच के इन रिक्त स्थानों को अन्तरा-अणुक (intermolecular) स्थान कहते हैं।

८. जड़ता (Inertia)—कोई द्रव्य, वाहरी बल के प्रयोग के बिना, अपने-आप, अपनी स्थिति में परिवर्तन नहीं ला सकता। अगर कोई द्रव्य स्थिर है तो जब तक वाहरी बल के प्रयोग से उसकी स्थिरता में परिवर्तन न लाया जाएगा, तब तक वह स्थिर ही रहेगा। इसी प्रकार गतिशील द्रव्य, जबतक बाहरी बल उसे न रोके, तब तक वह एकरूप वेग से एक ही दिशा में गतिशील रहेगा। वाहरी बल-प्रयोग के बिना द्रव्य की अपनी उद्युक्त स्थिति में कायम रहने के गुण को जड़ता कहते हैं। किसी भी पदार्थ की जड़ता उस पदार्थ में समाविष्ट द्रव्य की समानुपाती होता है।

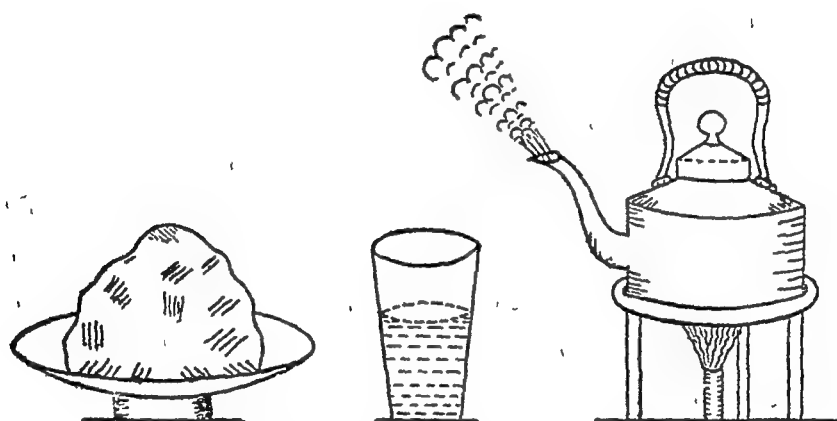
किसी विशेष प्रकार के द्रव्य को पदार्थ (Substance) कहते हैं। उदाहरण के लिए, पत्थर, लकड़ी, लोहा, जल आदि सभी का साधारण नाम द्रव्य है और अपने-अपने विशेष गुण तथा संरचना के कारण वे अलग-अलग पदार्थ हैं। पदार्थ से बनी हुई चीजों को वस्तु (body) कहते हैं। लोहे से बना हुआ चाकू, लकड़ी से बनी हुई कुर्सी आदि 'वस्तु' हैं। प्रत्येक वस्तु का निर्दिष्ट रूप होता है।

### द्रव की तीन अवस्थाएँ

प्रकृति में द्रव्य तीन रूप में पाये जाते हैं—ठोस (solid) द्रव (liquid) और गैस (gas)। इन्हें 'द्रव्य की तीन अवस्थाएँ' कहते हैं। कपूर आदि कुछ पदार्थों को छोड़कर बाकी प्रायः सभी पदार्थ तीनों अवस्था में प्राप्त हो सकते

हैं। कपूर आदि कुछ पदार्थ साधारणतः केवल ठोस और गैस—इन्हीं दो अवस्थाओं में मिलते हैं। पदार्थों की अवस्था का परिवर्तन तापमान की कमी-बेशी के कारण होता है। निम्नलिखित प्रयोग से इसे देखा जा सकता है—

प्रयोग—एक ग्लास पानी लीजिए। उसमें से थोड़ा पानी एक छोटे पात्र में रखकर नमक-मिश्रित बर्फ के अंदर रख दीजिए। थोड़ा और पानी एक दूसरे पात्र में रखकर आग पर चढ़ा दीजिए। बाकी पानी ग्लास में ही छोड़ दीजिए। इस प्रकार प्रथम पात्र में रखे हुए पानी का तापमान घटाने की और दूसरे पात्र के पानी का तापमान बढ़ाने की व्यवस्था की गई। ग्लास में रखा हुआ पानी ज्यो-का-त्यो रहा।



[ चित्र १—द्रव्य (पानी) की तीन अवस्थाएँ ]

थोड़ी ही देर में बर्फ में रखे हुए पात्र का पानी जमकर बर्फ बन जाएगा। अर्थात् तापमान घटने से पानी द्रव-अवस्था से ठोस बन गया। आग पर रखा हुआ पात्र का पानी भी शीघ्र ही भाप बनकर उड़ने लगेगा। अर्थात् तापमान बढ़ने से पानी द्रव-अवस्था से वाष्प यानी गैस बन गया। तापमान में कमी-बेशी न होने के कारण ग्लास का पानी द्रव-अवस्था में ही रह गया। इस प्रकार एक ही द्रव्य—पानी—साधारण तापमान पर द्रव, अधिक तापमान पर वाष्प यानी गैस और कम तापमान पर ठोस बन जाता है।

विभिन्न पदार्थ के अवस्थांतर के लिए विभिन्न तापमानों की आवश्यकता होती है। साधारण तापमान पर पानी, तेल आदि द्रव-अवस्था में ; लोहा;



पत्थर आदि ठोस अवस्था में और आक्सीजन, हाइड्रोजन आदि गैसीय अवस्था में मिलते हैं। लगभग १५३० डिग्री सेंटीग्रेड तापमान पर लोहा द्रव-अवस्था में आ जाता है। अत्यधिक तापमान पर लोहा गैस बन जाता है। अधिक दाब से भी बहुत-से पदार्थों में अवस्थांतर होता है।

१. ठोस—प्रत्येक ठोस पदार्थ का कोई-न-कोई आकार तथा निश्चित आयतन होता है। पत्थर के टुकड़े को किसी भी आकार के पात्र में क्यों न रखा जाय, उसके आकार या आयतन में कोई परिवर्तन न होगा। ठोस पदार्थ में सरंध्रता अर्थात् उनके अणुओं के बीच की दूरी (अंतरा-अणुक स्थान) बहुत कम होती है। बाहरी बल-प्रयोग के बिना ठोस पदार्थ न तो अपने आकार में ही परिवर्तन ला सकता है और न स्थान-परिवर्तन ही कर सकता है। ठोस पदार्थ सीधा नीचे की ओर दाब डालता है।

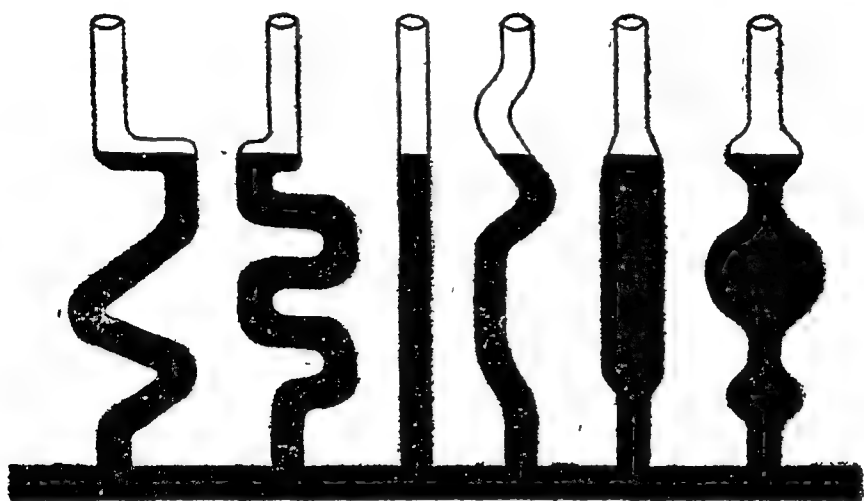
२. द्रव—द्रव पदार्थ का कोई निश्चित आकार तो नहीं होता, पर निश्चित आयतन होता है। द्रव पदार्थ को जब जिस पात्र में रखा जायगा, वह उसीका आकार ले लेगा। एक लीटर पानी को ग्लास, बोतल, कटोरा, डेगची या अन्य किसी भी पात्र में रखा जायगा, उसका आकार उसी प्रकार बन जायगा। लेकिन आकार जैसा भी हो, पानी के आयतन में कोई परिवर्तन न होगा। वह हमेशा एक लीटर ही बना रहेगा। सभी द्रव पदार्थ के साथ ऐसा ही होगा।

द्रव पदार्थ की मुक्त सतह हमेशा क्षितिज-तल में होती है। बाधा न मिलने पर वह हमेशा ऊपर से नीचे की ओर बहती है। इसी कारण नदियाँ पहाड़ों से निकलकर समुद्र या बड़ी झीलें में जा गिरती हैं और समुद्र या झील का पानी नदियों में होकर ऊपर की ओर नहीं आ पाता है। हौज में जमा हुआ पानी चारों ओर की दीवारों की बाधा के कारण उसीमें जमा रहता है और नाली का पानी उसके खुले-मुँह से निकलकर बह जाता है। इसलिए नाली का ढाल, जिस ओर पानी को ले जाना है, हमेशा उसी ओर होना चाहिए।

द्रव में अंतरा-अणुक स्थान ठोस की तुलना में अधिक होता है।

एक साथ संबंधित द्रव पदार्थ की ऊपरी सतह हमेशा एक ही तल पर रहती है अर्थात् द्रव पदार्थ अपना तल खोजता है।

**प्रयोग—**विभिन्न आकार के पाँच-छः पात्र लीजिए और उनके पेटों में छेद करके सब को खड़ की नली से जोड़ दीजिए। अब किसी एक पात्र में पानी डालिए। देखिएगा कि पानी प्रत्येक पात्र में चला जाएगा और सभी पात्र में, आकार तथा आयतन में भिन्न-भिन्न होने पर भी, उसकी ऊपरी सतह एक ही तल में है।



[ चित्र २—द्रव का तल ]

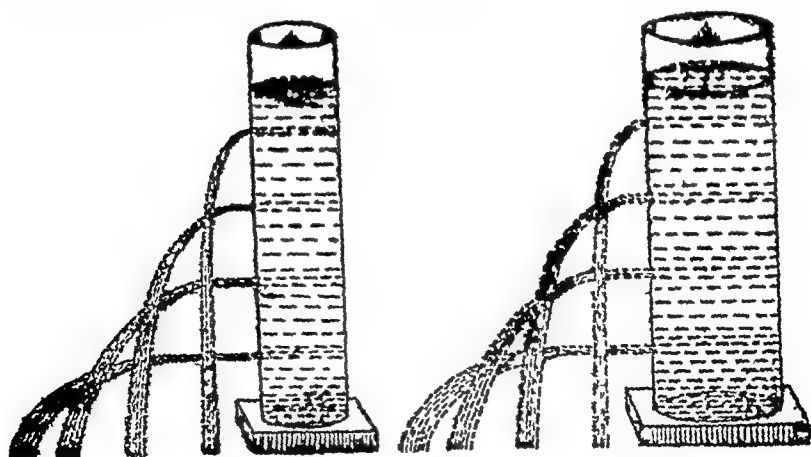
द्रव के इस गुण के कारण, नल की सहायता से उसे विभिन्न स्थानों में ले जाया जा सकता है और द्रव के इसी गुण से घरों में नल से पानी पहुँच जाता है।

**द्रव का पार्श्विक (Lateral) तथा अधोमुखी (Downward) दाब (Pressure)**—जिस पात्र में द्रव पदार्थ रहता है, वह उस पात्र के तल पर सीधा नीचे की ओर दाब डालता है। इस नीचे की ओर के दाब को 'द्रव का अधोमुखी दाब' कहते हैं।

द्रव पदार्थ अपना तल खोजता है और इसलिए चारों ओर फैलना चाहता है। द्रव को जब किसी पात्र में रखा जाता है, उस समय नीचे की ओर दाब डालने के साथ-साथ वह चारों ओर फैलने की प्रवृत्ति में पात्र की दीवारों पर दाब डालता है। द्रव के इस दाब को पार्श्विक दाब (lateral pressure) कहते हैं।

द्रव का पार्श्विक दाब पात्र की सब जगहों में समान नहीं होता। दाब का परिमाण द्रव की गहराई पर निर्भर करता है। द्रव की गहराई जितनी अधिक होगी पार्श्विक दाब भी उतना ही अधिक होगा। द्रव-भरे पात्र की पेदी के पास उसका पार्श्विक दाब ऊपरी सतह के पास के पार्श्विक दाब से अधिक होगा। इस प्रकार द्रव के पार्श्विक दाब में उसकी गहराई के अनुसार कमी-वेशी होती है। पार्श्विक दाब की कमी-वेशी द्रव के परिमाण पर निर्भर नहीं करती है। निम्नलिखित प्रयोग से इसे देखा जा सकता है।

प्रयोग—दो बेलनाकार पात्र लीजिए। इनमें एक अधिक मोटा होना चाहिए। दोनों पात्रों में विभिन्न ऊँचाइयों पर कई छेद कीजिए। ख्याल रहे कि दोनों पात्रों के छेद एक दूसरे के साथ समान ऊँचाई पर हों। सभी छेदों को मोम से बन्द कीजिए और दोनों पात्रों को एक समतल स्थान पर रखिए। अब दोनों में समान ऊँचाई तक पानी भर दीजिए। इस प्रकार दोनों पात्रों में पानी के परिमाण भिन्न-भिन्न होते हुए भी गहराई एक समान है। अब मोम हटाकर छेदों को खोल दीजिए। देखियेगा कि दोनों पात्रों के प्रत्येक छेद से पानी की धारा निकलने लगी है और जो छेद जितना नीचे है उससे उतनी ही तेजी से धारा निकलकर अधिक दूरी तक



[ चित्र ३—द्रव का पार्श्विक दाब ]

जा रही है। साथ ही दोनों पात्रों की समान ऊँचाई के छेदों से निकलती हुई धारा समान तेजी से बिकलकर समान दूरी तक जा रही है।

इससे प्रमाणित हो जाता है कि द्रव अपनी सतह के नीचे सभी जगह दाब डालता है और दाब की कमी-वेशी, द्रव की गहराई की कमी-वेशी पर निर्भर करती है। साथ ही यह भी प्रमाणित होता है कि दाब द्रव के परिमाण पर निर्भर नहीं करता है, क्योंकि अगर सभी जगह दाब नहीं होता तो समस्त छेदों से धारा नहीं निकलती और अगर सभी जगह समान दाब होता तो सभी छेदों से समान तेजी से धारा निकलती और समान दूरी तक जाती। साथ ही अगर दाब द्रव के परिमाण पर निर्भर करता तो मोटे पात्र के छेदों से धारा अधिकतर तेजी से निकलकर अधिक दूरी तक जाती।

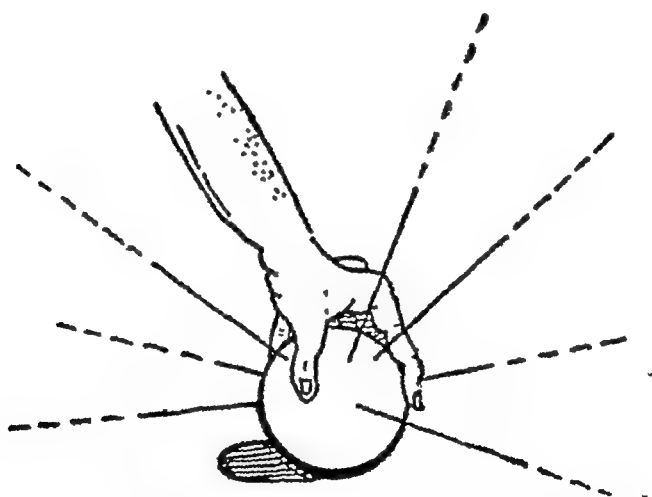
**उत्प्लावकता (buoyancy)**—अवोमुखी तथा पार्श्विक दाब के साथ-साथ द्रव ऊपर की ओर भी दाब डालता है। कोई वस्तु जब किसी द्रव में गिरती है तब द्रव उस समय उसपर ऊपर की ओर दाब डालता है। इस दाब को 'उत्प्लावकता' कहा जाता है। कुएँ से पानी निकालते समय जब तक वाल्टी पानी के अन्दर रहती है, तब तक उसका वजन कम मालूम पड़ता है। कारण यह है कि उत्प्लावकता के चलते वह अपने वजन का एक अंश आभासी (apparent) तौर पर खो बैठती है और पानी के अन्दर कम वजनी मालूम पड़ती है।

कोई वस्तु जब किसी द्रव में गिरती है तब अपने वजन के चलते द्रव में डूबने लगती है। साथ ही साथ, द्रव के ऊपर की ओर दाब या उत्प्लावकता उसे ऊपर ढकेलने लगती है। अगर वजन से उत्प्लावकता अधिक हो तो वस्तु डूबने नहीं पाती और द्रव में तैरने लगती है। लेकिन अगर उत्प्लावकता से वजन अधिक हुआ तो वस्तु डूब जानी है।

**पैस्कल का नियम (Pascal's law)**—द्रव पदार्थ को बाहरी दाब से सपीड़ित नहीं किया जा सकता। अगर इसकी एक जगह पर बाहरी दाब पड़ता है तो वह दाब द्रव के समस्त अंगों में समरूप में व्याप्त हो जातो है। एक बोतल में पानी भरकर उसके मुँह के पास दाब डालने से दाब बोतल के समस्त स्थानों में समान रूप से पड़ेगा। इस प्रकार बोतल से कुल दाब का परिमाण कई गुना बढ़ जाएगा। द्रव में दाब-संचार के नियम को, इसके आविष्कारक के नाम पर, पैस्कल का नियम कहा जाता है। इसके अनुसार द्रव के किसी एक भाग में दाब पड़ने पर वह उसके प्रत्येक भाग में

सम परिमाण में संचारित हो जाता है और यह दाब पात्र की दीवारों पर अभिलंब दिशा में पड़ता है। अर्थात् किसी पात्र में रखे हुए द्रव के एक इकाई क्षेत्र पर जितना दाब सगेगा, उसके प्रत्येक एक इकाई क्षेत्र पर उतना ही दाब पड़ेगा। इस प्रकार अगर द्रव के स्पर्श में पात्र का क्षेत्रफल कुल २० इकाई हो तो द्रव की एक इकाई पर लगने वाला दाब पात्र की सतह पर कुल मिलाकर २० गुना अधिक दाब डालेगा। निम्नलिखित सरल प्रयोग से इसे देखा जा सकता है—

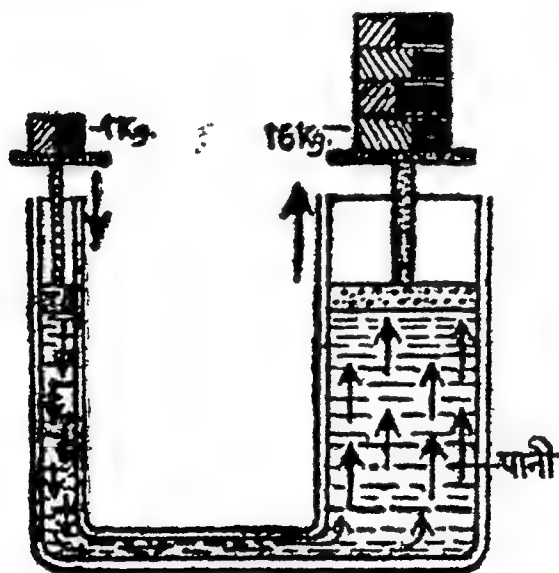
प्रयोग—एक खड़ का गेंद लेकर उसमें एक छेद कीजिए और गेंद को पानी से पूरा-पूरा भर दीजिए। पानी भरने के बाद खड़ जोड़नेवाले घोल से छेद को बंद कर दीजिए। फिर गेंद की दीवार में एक मूर्ई से कई छेद कीजिए। अब अंगूठे से गेंद की दीवार में किसी जगह दबाइए। देखियेगा कि प्रत्येक छेद से समान तेजी से पानी की धारा निकलकर समान दूरी तक जा रही है। साथ ही प्रत्येक छेद से निकलनेवाली धारा गेंद की दीवार के उस स्थान के साथ समकोण बनाकर कर निकल रही है।



[ चित्र ४—द्रव में दाब-संचार ]

इससे पैस्कल का नियम सिद्ध हो जाता है। क्योंकि, अगर एक जगह पड़नेवाला दाब सब जगह समरूप में संचारित न होता तो सभी छेदों से समान तेजी के साथ, समान दूरी तक जानेवाली धाराएँ नहीं निकल सकती।

**द्रव-चालित दाब-यंत्र (hydraulic press)**—द्रव के किसी भी बिन्दु पर पड़नेवाला दाब सर्वत्र समान रूप से संचारित हो जाता है। इस नियम के आधार पर द्रव-चालित दाब-यंत्र का निर्माण होता है। साधारण द्रव-चालित यंत्र में एक अंग्रेजी अक्षर 'U' जैसा मुड़ा हुआ नल रहता है। नल की एक बाहु दूसरी बाहु से मोटी होती है। नल में पानी या अन्य कोई उपयुक्त द्रव पदार्थ भर दिया जाता है। अब अगर नल की पतली बाहु के मुँह पर दाब डाला जाए तो मोटी बाहु के मुँह पर कुल दाब कई गुना अधिक हो जाएगा। नल की दोनों बाहुओं के व्यास में जितना अधिक अंतर होगा, दाब भी उतना ही अधिक बढ़ जाएगा।

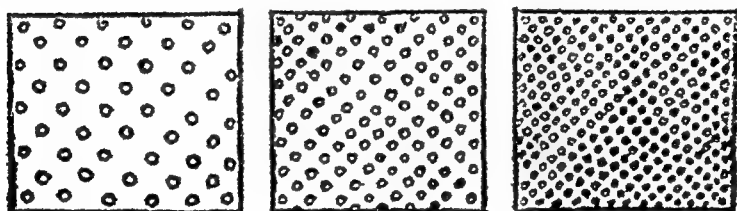


[ चित्र ५—द्रव-चालित दाब-यंत्र ]

अगर एक का व्यास दूसरे से चार गुना बड़ा हो तो दोनों के क्षेत्रफल का अनुपात १ : १६ होगा और पतले सिरे पर दिया गया कुल दाब मोटे सिरे पर १६ गुना अधिक हो जाएगा। अतः इस प्रकार के यंत्र की सहायता से एक सिरे पर थोड़ा-सा बल लगाकर दूसरे सिरे पर अधिक काम लिया जा सकता है। मोटरगाड़ियों का ब्रेक द्रव-चालित-दाब यंत्र की सहायता से काम करता है।

३. गैस—गैसीय पदार्थ का न कोई निश्चित आकार और न कोई निश्चित आयतन ही होता है। द्रव की तरह इसे भी जिस पात्र में रखा जाता है, वह उसी का रूप ले लेता है। साथ ही पात्र के आयतन के अनुसार फैलकर उसके समान आकार का बन जाता है। इस प्रकार गैसीय पदार्थ का आकार और आयतन—दोनों ही पात्र के अनुसार परिवर्तित होने रहते हैं।

गैस के प्रत्येक अणु के अत्यधिक गतिशील होने के कारण, इसके लिए इस प्रकार फैलना संभव होता है। गैस में अंतरा-अणुक स्थान ठोस तथा द्रव से कहीं अधिक होता है और फैलने के साथ-साथ, यह दूरी अर्थात् अंतरा-अणुक स्थान भी बढ़ जाता है। एक घन सेंटीमीटर पानी भाप बनने पर



[ चित्र ६—द्रव की तीन अवस्था में अंतरा-अणुक स्थान ]

अर्थात् गैसीय अवस्था प्राप्त करने पर १७०० घन सेंटीमीटर स्थान घेर सकता है। इस प्रकार द्रव से गैस बनने पर पानी के आयतन में १७०० गुना तक की वृद्धि हो सकती है।

भाप बनने पर पानी के आयतन में इस प्रकार की वृद्धि को बहुत-से कामों में लगाया जाता है। रेलगाड़ियाँ खींचनेवाले, कल-कारखाने चलाने वाले भाप के इंजन, भाप बनने पर पानी के आयतन में इस प्रकार अत्यधिक वृद्धि से चलते हैं।

द्रव्य अविनाशी है—द्रव्य कभी नष्ट नहीं होता। द्रव्य के रूप, अवस्था, गुण आदि में परिवर्तन हो सकते हैं; एक दूसरे से मिलकर तीसरा पदार्थ बन जा सकता है; लेकिन द्रव्य कभी नष्ट नहीं हो सकता। उसके कुल परिमाण में भी कमी-बेशी नहीं हो सकती। लकड़ी जलकर राख बन जाती है। राख का वजन लकड़ी से काफी कम होता है। क्योंकि, खुली हवा में जलते समय लकड़ी में से कई पदार्थ गैस बनकर वायु में मिल जाते हैं

और इसलिए वचे हुए राख का वजन कम हो जाता है। यह सही है कि जलने के बाद लकड़ी फिर लकड़ी नहीं रह गयी, लेकिन लकड़ी बनानेवाले सभी द्रव्य भिन्न-भिन्न रूपों में उतनी ही मात्रा में मौजूद रह गए। निम्नलिखित प्रयोग से इसे देखा जा सकता है—

प्रयोग—एक ऐसा पात्र लीजिए जिसे अच्छी तरह बंद किया जाए ताकि उसमें हवा या अन्य कोई गैस न अन्दर जा सके और न बाहर आ सके। अब लकड़ी का एक छोटा-सा टुकड़ा लीजिए और उस पात्र में रखकर दानों को एक साथ वजन कर लीजिए। अब लकड़ी के टुकड़े में आग लगाकर पात्र को बंद कर दीजिए। लकड़ी का टुकड़ा जल जाने के बाद या उसके एक अंश जल जाने के बाद, जब आग बुझ जाए तब पात्र को फिर तौलिए—देखियगा कि वजन उतना ही है।

इससे प्रमाणित हो जाता है कि लकड़ी जल जाने के बाद भी उसमें मौजूद द्रव्य उतना ही रह गया है और नष्ट नहीं हुआ है।

### ऊर्जा (Energy)

द्रव्य की तरह ऊर्जा के साथ भी मनुष्य का परिचय इंद्रियों की सहायता से ही होता है। लेकिन द्रव्य के अन्य गुण—जैसे वजन, आयतन आदि ऊर्जा में नहीं होते हैं। गुण में भिन्नता होने पर भी द्रव्य और ऊर्जा परस्पर पूरक हैं। द्रव्य पर ऊर्जा की क्रिया देखकर ही मनुष्य उसका परिचय पाता है। ऊष्मा, प्रकाश, विद्युत आदि ऊर्जा के विभिन्न रूप हैं। ऊष्मा से द्रव्य गरम हो जाता है और उसे छूकर ऊष्मा का अस्तित्व मालूम हो जाता है। ऊर्जा के विभिन्न रूपों का विस्तार से अध्ययन करते समय हम ऊर्जा के संबंध में अधिक जानकारी प्राप्त करेंगे।

सिद्धेता :

014-0717-01000

गुरु, २४ - १०२५ ५ ५५

Page 10

सर्वोपयोगी चरित्रम्

विहार (वि०) - १००००० विद्यार्थी

• निदिष्ट नमूने पर न : 0721



## माप

विज्ञान की किसी भी शाखा के अध्ययन के लिए और साथ ही हमारे दैनंदिन जीवन में, हमेशा हमें किसी न किसी प्रकार की माप की आवश्यकता होती है। कपड़ा खरीदना है तो लंबाई मापी जाती है। गेहूँ, चावल लेना है तो वजन किया जाता है। समय जानना है तो घड़ी देखी जाती है। बिजली का बिल चुकाना है तो मीटर में यूनिट का हिसाब किया जाता है। साथ ही किसी भी पदार्थ के संबंध में अध्ययन या अनुसंधान करना है तो भी विभिन्न प्रकार की मापों की आवश्यकता होती है।

प्रत्येक प्रकार की माप के लिए एक मात्रक (unit) की आवश्यकता होती है। इस मात्रक से तुलना करके ही किसी भौतिक राशि—जैसे लंबाई, वजन, द्रव्यमान या समय इत्यादि की माप की जाती है। विभिन्न प्रकार की मापों के लिए कई तरह के मात्रक प्रचलित हैं। ग्रामीण क्षेत्र में अंगुली, हाथ, डैग, बाँस, रस्ती आदि से लंबाई मापने की प्रथा अभी भी देखने को मिलती है। इसी प्रकार वजन के लिए भी विभिन्न मात्रक—पौंड, किलो, सेर इत्यादि काम में लाये जाते हैं। लेकिन, इन सब में समानता न होने के कारण, इनमें से किसी को भी माप का मानक मात्रक नहीं माना जा सकता है और न ये मात्रक वैज्ञानिक अध्ययन में ही काम आ सकते हैं। एक मानक माप को मात्रक मानकर ही सही अर्थ में माप का ज्ञान हो सकता है।

समय, लंबाई तथा द्रव्यमान के मात्रकों को 'मूल मात्रक' कहते हैं। बाकी [ सभी मात्रक इन्हीं से व्युत्पन्न हैं।

दुनिया में मुख्य तौर पर दो प्रकार की माप-पद्धतियाँ प्रचलित हैं—अंग्रेजी या फुट-पौंड-सेकेंड-पद्धति तथा दशमलव या सेन्टीमीटर—ग्राम सेकेण्ड पद्धति (जिसे मीटरी-पद्धति भी कहा जाता है)। सन् १७९१ ई० में, सर्वप्रथम फ्रांस में यह पद्धति चलाई गई थी। इसलिए इसे फ्रांसीसी पद्धति भी कहा जाता है।

इन दिनों पृथ्वी के अधिकांश देशों में दशमलव या मीटरी पद्धति की माप प्रचलित है। अब हमारे देश में भी यह पद्धति चालू हो गई है और मन, सेर, छटाँक आदि के स्थान पर क्विंटल, किलोग्राम, ग्राम आदि तथा मील, गज, फुट आदि के स्थान पर किलोमीटर, मीटर, सेन्टीमीटर आदि की माप प्रचलित हो गई है। वैज्ञानिक कामों के लिए भी पृथ्वी के लगभग सभी देशों में दशमलव-पद्धति की माप ही व्यवहृत होती है।

### फुट-पौंड की प्रामाणिक माप

लंदन में, एक्सचेकर के दफ्तर में, एक काँसे की छड़ और एक प्लैटीनम का वाट सुरक्षित रूप से रखा हुआ है। छड़ में दो चिह्न लगे हुए हैं। इन चिह्नों के बीच की दूरी, एक मानक गज है। प्लैटीनम के वाट का द्रव्यमान एक मानक पौंड है।

### दशमलव-प्रणाली की मानक माप

सेवर्स (फ्रांस) के अन्तरराष्ट्रीय वाट और माप-कार्यालय में एक प्लैटीनम-इरिडियम-निर्मित छड़ तथा प्लैटीनम का एक वाट रखा हुआ है। छड़ पर बने दो चिह्न बीच की दूरी, मानक एक मीटर और वाट का द्रव्यमान मानक एक किलोग्राम है। एक किलोग्राम का द्रव्यमान १००० घन सेन्टीमीटर पानी के, ४ डिग्री सेटीग्रेड पर, द्रव्यमान के समान होता है। गज तथा पौंड, मीटर तथा किलोग्राम के अपवर्तक तथा अपवर्त्य इस प्रकार हैं :—

### फुट-पौंड-पद्धति

१२ इंच	= १ फुट	१६ ड्राम	= १ औंस
३ फुट	= १ गज	१६ आस	= १ पौंड
१७६० गज	= १ मील	१४ पौंड	= १ स्टोन
		२ स्टोन	= १ क्वार्टर
६ फुट	= १ फीटम	४ क्वार्टर	= १ हंड्रेडवेट
		१० हंड्रेडवेट	= १ टन

## मीटरी पद्धति

१० मिलीमीटर / मिलीग्राम	=	१ सेंटीमीटर / सेंटी ग्राम.
१० सेटीमीटर / सेंटीग्राम	=	१ डेसीमीटर / डेसीग्राम
१० डेसीमीटर / डेसीग्राम	=	१ मीटर / ग्राम
१० मीटर / ग्राम	=	१ डेकामीटर / डेकाग्राम.
१० डेकामीटर / डेकाग्राम	=	१ हेक्टोमीटर / हेक्टोग्राम
१० हेक्टोमीटर / हेक्टोग्राम	=	१ किलोमीटर / किलोग्राम
१०० किलोग्राम	=	१ क्विंटल
१० क्विंटल	=	१ मीटरी टन

दूध आदि द्रव पदार्थ मापने के लिए १००० घन सेंटीमीटर के आयतन की माप को एक लीटर कहते हैं।

मन-सेर-छटाक-प्रणाली में ५ तोले का एक छटाक, १६ छटाक का एक सेर तथा ४० सेर का एक मन होता है।

इन विभिन्न प्रणालियों की मापों में संबंध इस प्रकार है :—

१ पींड	=	४५४ ग्राम	( लगभग )
		या	
१ सेर	=	०.४५४ किलोग्राम	"
		६३३ ग्राम	"
		या	
		०.६३३ किलो ग्राम	"
१ किलोग्राम	=	२.२ पींड	"
१ किलोग्राम	=	१.०७२ सेर	"
		या	
१ टन (कु० पी०)	=	१ सेर १.१५२ छटाक	"
		१.०१६ मीटरी टन	"
		या	
१ मीटरी टन	=	१०१६.०४७ किलोग्राम	"
१ औंस	=	०.९८४ टन (कु० पी०)	"
		२८.३४९ ग्राम	"

१ ग्राम	=	०.०३५ औंस	( लगभग )
१ गैलन	=	४.५४६ लीटर	"
१ लीटर	=	०.२२ गैलन	"
१ पिट	=	०.५६७ लीटर	"
१ लीटर	=	१.७६ पाइंट	"
१ इंच	=	२.५४ सें० मी०	"
१ सें०मी०	=	०.३९४ इंच	"
१ फुट	=	०.३०५ मीटर	"
१ गज	=	०.९१४ मीटर	"
१ मीटर	=	३.२८ फुट	"

या

		१.०९४ गज	"
१ मील	=	१.६०९ कि० मी०	"
५ मील	=	८ कि० मी०	"
१ कि० मी०	=	०.६२१ मील	"
१ एकड़	=	०.४०५ हेक्टर	"

या

		४०५ वर्गमीटर	"
१ हेक्टर	=	२.४७१ एकड़	"
१ वर्ग से० मी०	=	०.०६१ वर्ग इंच	"
(सी० सी०)			
१ हॉर्स पावर	=	०.७४५ किलो वाट	"
१ किलो वाट	=	१.३४१ हॉर्स पावर	"

घरेलू माप

१ चाय की चम्मच	=	५ घन सेटीमीटर	"
३ चाय की चम्मच	=	१ बड़ी चम्मच या टेबल स्पून	"
१६ बड़ी चम्मच	=	१ कप	"
२ कप	=	१ पाइंट	"

## समय की माप

सभी देशों में समय की माप की इकाई सेकेंड है। एक मध्यमान सौर दिवस के ८६,४०० भाग के एक भाग को एक सेकेंड कहा जाता है। एक दिन के मध्याह्न, अर्थात् सूरज जब आकाश के उच्चतम स्थान पर हो, एक से लेकर दूसरे दिन के मध्याह्न के बीच के समय को 'एक सौर दिवस' कहते हैं। पूरे वर्ष के ३६५ सौर दिवसों के औसत समय को 'एक मध्यमान सौर दिवस' कहा जाता है।

इस प्रकार के ६० सेकेंड का एक मिनट, ६० मिनट का एक घंटा तथा २४ घंटों का एक सौर दिन होता है।

प्राचीन काल में हमारे देश में विपल, पल, दंड तथा प्रहर से समय मापा जाता था। ६० विपल का एक पल, ६० पल का एक दंड और ६५ दंड का एक प्रहर माना जाता है। २४ सेकेंड में एक पल होता है। लेकिन अब समय की यह माप केवल हिन्दुओं की धार्मिक क्रियाओं के लिए सीमाबद्ध रह गई है।

नीचे लवाई, व्यास, क्षेत्रफल तथा आयतन मापने के कुछ साधारण नियम, जिन्हें सरलता से घर में भी इस्तेमाल किया जा सकता है, दिये जा रहे हैं। आये दिन हमें इन मापों की आवश्यकता होती रहती है।

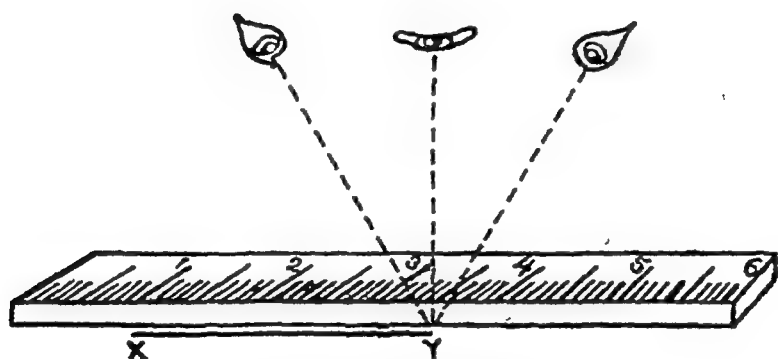
## लवाई मापना

लवाई मापने के लिए साधारणतः अंशांकित पैमाना या स्केल, मापक, फीता आदि व्यवहृत होते हैं। बड़ी-बड़ी वस्तुओं को फीते से और छोटी-छोटी वस्तुओं को स्केल से मापा जाता है। बाजार में आमतौर पर ५, २५ और ५० फुट लंबा मजबूत कपड़े से बना हुआ चिह्नित मापक फीता मिलता है। स्केल साधारणतः ६ इंच अथवा एक फुट लंबा मिलता है। आजकल सभी स्केलों में, एक ओर इंच-फुट और दूसरी ओर सेंटीमीटर-मीटर के चिह्न लगे होते हैं।

रास्ता, जमीन आदि मापने के लिए अमीन या इंजीनियर जरीब की जजीर काम में लाते हैं।

### लंबन अशुद्धि

स्केल से लंबाई को ठीक से मापने के लिए स्केल के अंकन को मापी जाने वाली रेखा या वस्तु से एकदम सटाकर रखना चाहिए। अगर स्केल के अंकन को सटाकर न रखा जाए और उसे पट करके रखा जाए तथा आँख को इधर-उधर रखकर माप का पठन लिया जाए तो आँख की भिन्न-भिन्न स्थितियों से लिये गए पठन भिन्न-भिन्न होंगे : इसे लंबन (parallax) अशुद्धि कहते हैं। ऐसी अवस्था में आँख को चिह्न के ठीक सामने रखना चाहिए। ताकि दृष्टि-रेखा, मापी जानेवाली लंबाई और स्केल के निर्दिष्ट बिंदु के साथ समकोण में हों।



[ चित्र ७—लंबन-अशुद्धि ]

स्केल को मापे जानेवाली लंबाई (या रेखा) से सटाकर पकड़ने से कहीं से भी देखने पर लंबन अशुद्धि नहीं होती है।

### शून्य त्रुटि ( Zero error )

साधारणतः स्केल का सिरा थोड़ा-बहुत घिसा हुआ होता है। इसलिए सिरे से माप लेने पर माप में कुछ-न-कुछ त्रुटि रहने की संभावना रहती है। इस प्रकार की त्रुटि को 'शून्य त्रुटि' कहते हैं। शून्य त्रुटि से बचने के लिए हमेशा सिरे को छोड़कर, स्केल के अंदर के किसी बिंदु से मापना प्रारंभ करना चाहिए।

### वक्र रेखा मापना

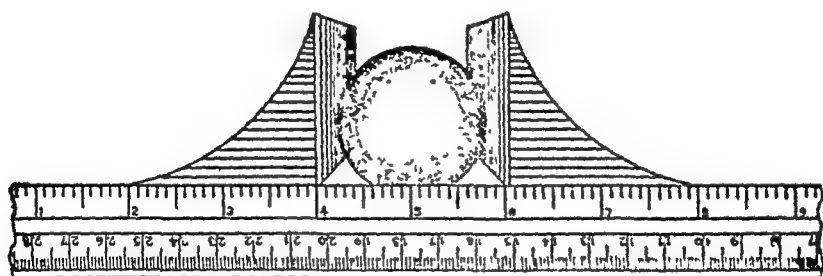
साधारण स्केल से वक्र रेखा की लंबाई नहीं मापी जा सकती। बड़ी-बड़ी वक्र रेखा, उसपर फीता या जरीन की जंजीर रखकर, मापी जा सकती है।

छोटी वक्र रेखा को सरलता से मापने के लिए उसपर एक सूत का टुकड़ा बिछा दिया जाता है और फिर उस सूत के टुकड़े की लंबाई माप लेने से वक्र रेखा की लंबाई मालूम हो जाती है।

### गोले का व्यास मापना

स्केल या फीते के द्वारा साधारण तरीके से, गोले का व्यास नहीं मापा जा सकता। घर में इसे मापने का एक सरल उपाय है—

किसी समतल स्थान पर दो मोटी किताबों को आमने-सामने समांतर खड़ी कर दीजिए। ख्याल रहे कि किताबें समतल स्थान के साथ समकोण में खड़ी हों। जिस गोले का व्यास मापना हो उसे दोनों किताबों के बीच में रखकर किताबों को खिसकाकर गोले से सटाइए। ख्याल रखना पड़ेगा कि किताबें समांतर और समकोण में खड़ी रहे। दोनों किताबों के बीच की दूरी माप लेने से गोले का व्यास मालूम हो जाता है। किताब के बदले काठ या धातु का बना घन हो तो और भी अच्छा होता है।



[ चित्र ८—गोले का व्यास मापना ]

वेलनाकार वस्तु का व्यास भी इस प्रकार से मापा जा सकता है।

### क्षेत्रफल

वर्ग-सेंटीमीटर तथा वर्गफुट क्षेत्रफल मात्रक हैं। एक वर्ग-सेंटीमीटर या एक वर्गफुट उस वर्गाकार क्षेत्र का क्षेत्रफल है, जिसकी प्रत्येक भुजा एक सेंटीमीटर या एक फुट लम्बी है। नियमित क्षेत्रों का क्षेत्रफल निम्नलिखित सूत्रों से निकाला जा सकता है—

वर्गाकार या आयताकार चतुर्भुज = लंबाई  $\times$  चौड़ाई

समांतर चतुर्भुज = आधार भुजा  $\times$  ऊँचाई

त्रिभुज =  $\frac{1}{2}$  आधार भुजा  $\times$  ऊँचाई

वृत्त =  $\pi \times$  व्यासार्द्ध<sup>२</sup>

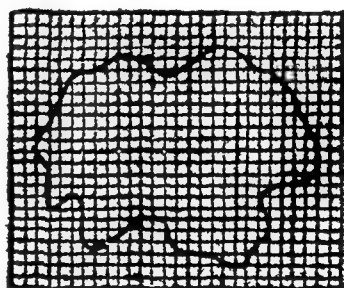
गोले की सतह =  $4\pi \times$  व्यासार्द्ध<sup>२</sup>

वेलन की वक्र सतह =  $\pi$  व्यास  $\times$  लंबाई

( $\pi = \frac{22}{7}$ )

अनियमित क्षेत्र के क्षेत्रफल निकालने के लिए उसे नियमित चतुर्भुज तथा त्रिभुजों में बाँट दिया जाता है। फिर, उन नियमित क्षेत्रों के क्षेत्रफल निकालकर जोड़ लिया जाता है और इस प्रकार से उस अनियमित क्षेत्र का क्षेत्रफल मालूम हो जाता है।

छोटे अनियमित क्षेत्रों को वर्गाङ्कित कागज पर रखकर उसका खाका खींच लिया जाता है और खाके के अन्दर के वर्गों को गिनकर उसका क्षेत्रफल मालूम कर लिया जाता है।



[ चित्र ९—अनियमित वस्तु का क्षेत्रफल निकालना ]

**आयतन (Volume)**—जो द्रव्य जितना स्थान घेरता है, उसे उसका आयतन कहते हैं। आयतन-मात्रक घन-सेंटीमीटर तथा घनफुट है। एक घन-सेंटीमीटर या एक घनफुट उस घन का आयतन है जिसकी लंबाई, चौड़ाई तथा ऊँचाई एक-एक सेंटीमीटर या एक-एक फुट होती है। नियमित आकार की वस्तुओं का आयतन निम्नलिखित सूत्रों से निकाला जा सकता है—

आयताकार वस्तु या घन = लंबाई  $\times$  चौड़ाई  $\times$  ऊँचाई

वेलन = आधार का क्षेत्रफल  $\times$  ऊँचाई

शंकु =  $\frac{1}{3}$  आधार का क्षेत्रफल  $\times$  ऊँचाई

गोला =  $\frac{4}{3}\pi \times$  (व्यासार्द्ध)<sup>३</sup>

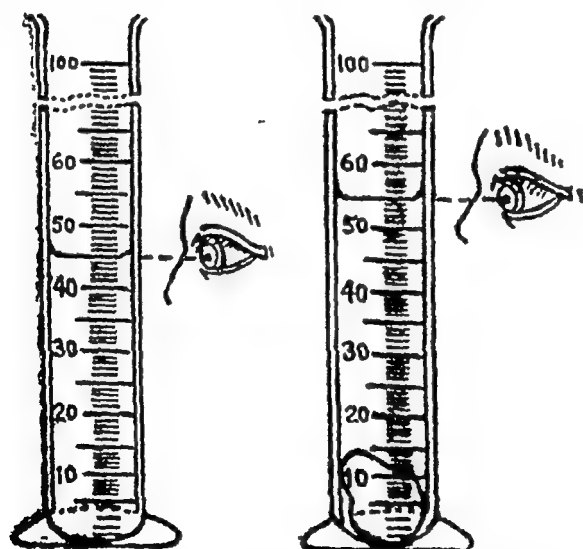


## अनियमित ठोस वस्तु का आयतन मापना

ऊपर दिए गए सूत्रों की सहायता से अनियमित वस्तुओं का आयतन नहीं निकाला जा सकता है। निम्नलिखित सरल उपाय से इसे मापा जा सकता है।

जो वस्तु जितना स्थान घेरती है वह उसका आयतन है। इसलिए किसी वस्तु को पानी या अन्य किसी द्रव में संपूर्ण रूप से डुबा देने से वह अपने आयतन के समान पानी हटाएगी। इस प्रकार हटाए गए पानी को मापकर उस वस्तु का आयतन जाना जा सकता है।

एक मापक बेलन की सहायता से आसानी से इस काम को किया जा सकता है। मापक बेलन के किसी माप तक पानी या अन्य कोई द्रव डालिए। द्रव ऐसा होना चाहिए जिसमें वह वस्तु न घुले और द्रव इतना होना चाहिए कि वह वस्तु संपूर्ण रूप से उसमें डूब जाए। अब वस्तु को बेलन में डालिए। द्रव की सतह जितना ऊपर चढ़ेगी, उस वस्तु का आयतन



[ चित्र १०—अनियमित वस्तु का आयतन निकालना ]

उतना है। क्योंकि वस्तु ने द्रव में अपने आयतन के समान स्थान घेर लिया है और द्रव की सतह उस हिसाब से ऊपर चढ़ गई है। अगर द्रव की सतह १०० घ० से०मी० ऊपर चढ़ी है तो वस्तु का आयतन १०० घन सेंटीमीटर है।

घरेलू काम के लिए अगर मापक वेलन न मिले तो एक छोटे मापक ग्लास की सहायता से भी इस काम को निम्नलिखित उपाय से किया जा सकता है ।

**प्रयोग**—एक पात्र को, जिसमें मापी जानेवाली वस्तु डूब सके, संपूर्ण रूप से द्रव से भर दीजिए और उसे एक बड़े पात्र के अंदर बैठा दीजिए । अब मापनेवाली वस्तु को द्रव में डालिए । इससे द्रव छलककर बड़े पात्र में आ गिरेगा । इस गिरे हुए पानी को मापक ग्लास से मापकर वस्तु का आयतन मालूम किया जा सकता है । ठीक-ठीक मापने के लिए यह आवश्यक है कि छोटे पात्र की बाहरी सतह और बड़े पात्र की भीतरी सतह, जहाँ पानी छलक कर गिरेगा, गीली हो । लेकिन उसमें द्रव न रहे । ऐसा न होने पर जितना द्रव इनको गीली करने में लग जाएगा, मापते समय उतनी कमी हो जाएगी ।

इस उपाय से न डूबने वाली वस्तु का आयतन निकालने के लिए उसके साथ एक डुबौना लगा दिया जाता है । डुबौना के आयतन को अलग से निकालकर दोनों के संयुक्त आयतन से घटा देने से, वस्तु का आयतन निकल आता है अर्थात् अगर डुबौना का आयतन  $A$  हो और दोनों का संयुक्त आयतन  $B$  हो, तो  $B - A = \text{वस्तु का आयतन होगा}$  ।

द्रव में डुबाकर नियमित तथा अनियमित सभी आकार की ठोस वस्तुओं का आयतन निकाला जा सकता है । जो वस्तु जिस द्रव में नहीं घुलती, उसका आयतन उस द्रव में ही डुबाकर निकाला जा सकता है ।

### द्रव का आयतन

द्रव का आयतन, मापक ग्लास आदि से मापकर निकाला जा सकता है । द्रव की सतह समतल नहीं होती है । पानी आदि द्रव की, जो वस्तुओं को गीली कर देता है, सतह अवतल (concave) अर्थात् बीच में धँसी हुई और पारा आदि द्रव की, जो वस्तुओं को गीली नहीं करता, सतह उत्तल (convex) अर्थात् बीच में उठी हुई होती है । द्रव की इस विशेषता के चलते माप का पठन लेने में लंबन त्रुटि होने की संभावना रहती है । इसलिये शुद्ध माप जानने के लिए आँख को उत्तल या अवतल की सीध में जाकर ही पठन लेना चाहिए ।

## द्रव्यमान (mass) और वजन (weight)

द्रव्यमान और वजन एक नहीं हैं। पदार्थ में वर्तमान द्रव्य के परिमाण को द्रव्यमान कहते हैं। समान आयतन के काठ और लोहे के टुकड़े को उठाने से, लोहे का टुकड़ा अधिक भारी मालूम पड़ेगा। काठ के टुकड़े की तुलना में लोहे के टुकड़े में द्रव्य की मात्रा अधिक होती है और इसलिए समान आयतन के काठ के टुकड़े की तुलना में लोहे का टुकड़ा अधिक भारी होता है। जब तक यांत्रिक या रासायनिक उपाय से वस्तु के अन्दर के द्रव्य का परिमाण घटाया-बढ़ाया नहीं जाता है तब तक सभी स्थानों और सभी अवस्थाओं में वस्तु का द्रव्यमान समान रहता है, अर्थात् स्थान-परिवर्तन, का कोई प्रभाव द्रव्यमान पर नहीं पड़ता है।

पृथ्वी प्रत्येक वस्तु को अपने केन्द्र की ओर आकर्षित करती है। इसे गुरुत्वाकर्षण (gravitation) कहते हैं (इसके संबंध में हम भौतिकी में विस्तार से अध्ययन करेंगे)। किसी वस्तु पर लगाने वाले पृथ्वी के इस आकर्षण बल या गुरुत्वाकर्षण बल के परिमाण को उस वस्तु का वजन कहा जाता है। जिस वस्तु का द्रव्यमान जितना अधिक होगा, उसपर लगनेवाला गुरुत्वाकर्षण बल भी उसी अनुपात में अधिक होगा। साथ ही, वस्तु पर लगनेवाला गुरुत्वाकर्षण बल भिन्न-भिन्न स्थानों में भिन्न-भिन्न हो सकता है; क्योंकि जो वस्तु पृथ्वी के केन्द्र से जितनी नजदीक होगी, उसपर यह बल उसी अनुपात में अधिक और पृथ्वी के केन्द्र से जितनी दूर होगी, बल उसी अनुपात में कम होगा। दूसरे शब्दों में, समुद्र की सतह पर एक वस्तु पर गुरुत्वाकर्षण बल का परिमाण जितना होगा, पहाड़ की ऊँची चोटी पर, जो समुद्र-तल की तुलना में पृथ्वी के केन्द्र से दूर है, उसका परिमाण कम होगा। इस प्रकार एक वस्तु का वजन समुद्र-तल पर जितना होगा, पहाड़ की ऊँची चोटी पर उससे कम होगा। अतः वजन समस्त स्थानों में एक नहीं होता है।

किसी वस्तु का वजन अगर भूमध्यरेखा (Equator) पर १०० किलोग्राम है तो उत्तर या दक्षिण ध्रुव पर उसका वजन लगभग १०० किलोग्राम

३३३ ग्राम हो जायगा । अर्थात् उसके वजन में प्रति किलो लगभग ३३ ग्राम की वृद्धि होगी, क्योंकि पृथ्वी का ध्रुवीय व्यास, भूमध्यरेखीय व्यास से लगभग ४४ किलोमीटर कम होने के कारण, अर्थात् प्रत्येक ध्रुव पृथ्वी के केंद्र से भूमध्यरेखा की तुलना में लगभग २२ किलोमीटर निकट होने के कारण, ध्रुवों पर वस्तु का वजन बढ़ जाता है । ४५ डिग्री अक्षांश में, समुद्र-सतह पर का वजन, वस्तु का मानक वजन माना जाता है ।

इस प्रकार द्रव्यमान से वस्तु में मौजूद द्रव्य के परिमाण का ज्ञान तथा वजन से, उस स्थान पर, वस्तु पर लगनेवाला एक प्रकार का बल यानी गुरुत्वाकर्षण बल का ज्ञान होता है ।

भिन्न-भिन्न स्थानों पर, भू-पृष्ठ की उच्चता के अनुपात में, वजन में भिन्नता होने पर भी, यह भिन्नता इतनी कम है कि साधारण माप-तौल पर इसका कोई प्रभाव नहीं पड़ता है । जैसा कि हम देख चुके हैं—उच्चता में लगभग २२ कि० मी० अंतर होने पर, १०० कि० ग्रा० वजन में केवल लगभग ३३३ ग्राम का अंतर होता है ; अर्थात्-समुद्र-सतह पर एक कि० ग्रा० की वजन की वस्तु के वजन में धरती के सबसे ऊँचे स्थान, एवरेष्ट शिखर पर, केवल लगभग सवा ग्राम का अंतर होगा । साथ ही एक निश्चित स्थान पर वस्तु का वजन उसके द्रव्यमान का समानुपाती होता है । इसलिए उस स्थान पर समान वजन की वस्तुओं का द्रव्यमान भी समान होता है । इसलिए दैनंदिन जीवन में द्रव्यमान और वजन को एक मान लिया जाता है ।

वस्तु का वजन जानने के लिए साधारणतः तराजू व्यवहृत होता है । अधिकांश दूकानों में जो तराजू इस्तेमाल होता है, उसे साधारण तराजू कहते हैं । साधारण तराजू के अलावा किसी-किसी दूकान में सौदा तौलने के लिए एक प्रकार का कमानीदार तराजू इस्तेमाल किया जाता है ।

### साधारण तराजू

साधारण तराजू में एक लकड़ी या लोहे की डंडी के सिरो से डोरी या पतली जंजीर से दो पलड़े लटके हुए होते हैं । आवश्यकता के अनुसार तराजू छोटे या बड़े होते हैं और उसी अनुपात में उसकी डंडी और पलड़े भी छोटे या बड़े होते हैं । बहुत छोटी-छोटी चीजें या कम चीजें तौलने के लिए एक बहुत छोटा पीतल का तराजू इस्तेमाल किया जाता है । इसे 'निकती' कहते हैं ।

बड़ी-बड़ी चीजें या अधिक सामान तौलने के लिए लकड़ी या लोहे के कांटे इस्तेमाल होते हैं। साधारणतः कांटे को मजबूत खंभे की सहायता से ऐसे लटकाया जाता है ताकि डंडी बिना बाधा के डोल सके। बड़ी या भारी वस्तुओं को तौलने के लिए, रोमन कांटा, प्लैटफार्म कांटा, कमानीदार चबूतरा तुला आदि भी काम में लाई जाती हैं।

तौली जानेवाली वस्तु का आकार, आयतन, वजन इत्यादि के अनुसार तराजू भी छोटे-बड़े होते हैं। साधारण तराजू की डंडी को ठीक बीच में से डोरी या जंजीर से लटकाया जाता है। पलड़े लोहे या अन्य धातु के बने हुए होते हैं। बड़े-बड़े तराजूओं में लकड़ी के पलड़े भी लगाए जाते हैं। बीच में लगी हुई डोरी पकड़कर उठाने से, अगर डंडी क्षैतिज रहे तो समझना होगा कि तराजू ठीक है। लेकिन पलड़े खाली रहने पर भी अगर डंडी एक ओर झुकी हुई रहे तो समझना होगा कि तराजू में कुछ दोष है। आमतौर पर इसे 'पासंग' कहते हैं।

अच्छी किस्म के तराजू की डंडी को डोरी या जंजीर से लटकाने के बजाए एक स्तंभ पर बने बहुत कड़े पत्थर के क्षुरधार पर रखा जाता है। लटकाने वाली डोरी (या क्षुरधार) डंडी के ठीक बीच में होनी चाहिए ताकि उसके दोनों ओर के अंश समान हों। ऐसा न होने पर भी तराजू में दोष रह जाता है।

वजन करते वक्त वस्तु को एक पलड़े पर रखा जाता है और दूसरे पलड़े पर बाट रखकर डंडी को क्षैतिज बनाया जाता है। बाट को देखकर वस्तु का वजन मालूम हो जाता है। इस प्रकार व्यवहार में मानक द्रव्यमान द्वारा वस्तु का वजन मालूम किया जाता है। साधारणतः दुकानों में सौदा तौलते समय इसी प्रकार से तौला जाता है। अगर तराजू में पासंग हो तो सौदा या बाट रखने के पहले ऊँचे पलड़े पर पत्थर आदि के टुकड़े रखकर डंडी को क्षैतिज बनाया जाता है और तब सौदा तौला जाता है।

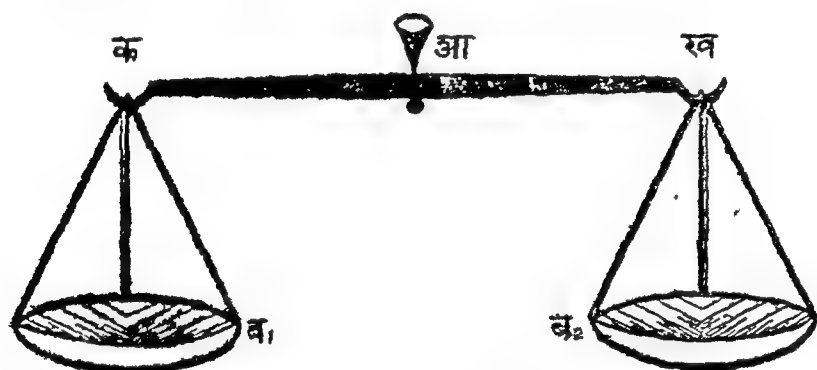
साधारण तराजू से मोटे तौर पर पदार्थ का द्रव्यमान मालूम हो जाता है। साधारण तराजू से जहाँ भी तौला जाएगा वस्तु के वजन में कोई अंतर न पड़ेगा। क्योंकि विभिन्न स्थानों में वस्तु पर पृथ्वी के आकर्षण बल में कमी-बेशी होने के साथ-साथ बाट पर भी उसी प्रकार की कमी-बेशी होगी। इस प्रकार स्थान-परिवर्तन से वस्तु के वजन में कोई अंतर नहीं होगा, जब तक कि वजन साधारण तराजू से लिखा जाय।

### अशुद्ध तराजू

आमतौर पर साधारण तराजू में कुछ-न-कुछ दोष रहता है, जिसके चलते उससे ठीक-ठीक तौल नहीं निकलती है। साधारणतः ये दोष दो प्रकार के होते हैं—

१. डंडी की भुजाओं की लंबाई समान न होना, यद्यपि पलड़े खाली रहने पर भी डंडी क्षैतिज हो रहती है।
२. दोनों पलड़ों का वजन समान न होना और पलड़े खाली रहने पर भी डंडी का क्षैतिज न रहना।

दूसरे दोष को, पासंग कहते हैं और हलके पलड़े पर पत्थर आदि रखकर इस अशुद्धि को ठीक कर लिया जाता है। लेकिन, पहला इससे ठीक नहीं होगा। क्योंकि तराजू का सिद्धांत इस स्वयंसिद्ध सिद्धांत पर आधारित है कि “समान दूरियों पर स्थित समान द्रव्यमान के वजन सतुलित होते हैं।”



[ चित्र ११—साधारण तराजू : क ख—डंडी, आ—मध्य बिंदु ]

इस प्रकार चित्र में दिए गए तराजू का क ख डंडी है और आ उसका मध्य बिंदु है। डंडी की दोनों भुजाओं कआ तथा खआ के वजन तथा लंबाई समान हैं। साथ ही तराजू के दोनों पलड़ों का वजन भी समान है। इस अवस्था में क पलड़े पर  $w_1$  वाट और ख पलड़े पर तौलने वाली वस्तु  $w_2$  रख कर डंडी को क्षैतिज बनाया जाय तो—

$$w_1 \times कआ = w_2 \times खआ$$

$$\therefore कआ = खआ$$

$$\therefore w_1 = w_2$$

लेकिन अगर क आ तथा प आ बराबर न हों तो  $w_1$  और  $w_2$  भी बराबर नहीं होंगे।

इन दोनों प्रकार के दोषों को दूर करने का सबसे सरल उपाय 'बोर्ड की विधि' है। इस विधि के अनुसार जिम वस्तु को तोलना हो उसे एक पलड़े पर रखकर दूसरे पलड़े पर बाखू या पत्थर के टुकड़े या अन्य कोई वस्तु रख कर डंडी को क्षैतिज बनाया जाता है। फिर तोलने वाली वस्तु को उतार कर उसी पलड़े पर बाट रखकर डंडी को फिर से क्षैतिज बनाया जाता है। अब इन बाटों को देखकर वस्तु का ठीक तीन मानूम हो जाता है। क्योंकि जितने बाखू या पत्थर के टुकड़ों को वह वस्तु संतुलित करती है, उतने ही बाखू या पत्थर को संतुलित करनेवाले बाटों का वजन वही होगा जो उस वस्तु का है।

डंडी की दोनों भुजाएँ समान न होने से शुद्ध तौल गीम की विधि में भालूम की जा सकती है। इसमें तोलनेवाली वस्तु को पहले एक पलड़े पर रखकर तोला जाता है और फिर दूसरे पलड़े पर रखकर। दोनों तौल के गुणनफल का वर्गमूल उस वस्तु की शुद्ध तौल होती है। अर्थात् अगर एक पलड़े पर रखकर तोलने से तौल २० ग्राम हो और दूसरे पलड़े पर रखकर तोलने से वह २१ ग्राम हो तो शुद्ध तौल  $\sqrt{20 \times 21} = 20.484$  ग्राम होगी।

साधारण तराजू से बाजार में दैनंदिन परीद-विक्री का काम तो चल जाता है लेकिन इससे न तो बहुत छोटी-छोटी चीजें ठीक से तोली जा सकती हैं और न प्रयोगशालाओं में, जहाँ ठीक-ठीक तौल अत्यावश्यक है, काम नहीं चल सकता है। इस प्रकार के काम के लिए जो तराजू व्यवहार में लाया जाता है उसे भौतिक तुला कहते हैं।

### भौतिक तुला (Physical balance)

इसकी डंडी साधारणतः पीतल की होती है। उंड़ी के बीच में एगेट (agate) नाम के बहुत कठोर पत्थर का एक निम्नमुची क्षरधार लगा होता है। इसे मध्य क्षरधार कहते हैं। डंडी के दोनों सिरे 'L' के आकार के होते

हैं। प्रत्येक सिरों के ऊपर एगोट का एक ऊर्ध्वमुखी क्षुरधार लगा होता है। इन्हे सीमांत क्षुरधार कहते हैं। मध्य क्षुरधार से दोनों सीमांत क्षुरधार की दूरियाँ बराबर होती है। सीमांत क्षुरधार से मध्य क्षुरधार तक की डंडी के अंश को डंडी की भुजा कहते हैं।

डंडी एक सीधे खड़े छड़ पर मध्य क्षुरधार के सहारे टिकी हुई होती है। इस छड़ को स्तंभ कहते हैं। डंडी के दोनों सिरों के सीमांत क्षुरधारों से दो रकावें लटकी हुई होती हैं। रकावों में लगे हुए हुक से दोनों ओर दो पलड़े लटके रहते हैं।

डंडी के ठीक बीच में एक निम्नमुखी सूचक सूई लगी हुई होती है। सूई स्तंभ के निचले भाग में लगे हुए एक पैमाने पर दाहिने-बाएँ घूमती है। अगर डंडी दाहिनी ओर झुके तो सूई पैमाने पर बाईं ओर जायगी। डंडी बाईं ओर झुकने से सूई दाहिनी ओर चली जायगी। डंडी क्षैतिज होने से सूई पैमाने के '0' चिह्न पर रहेगी। पैमाने पर सूचक सूई के स्थान को देखकर डंडी क्षैतिज है या दाहिने-बाएँ झुकी हुई है, मालूम हो जाता है। डंडी के दोनों सिरों पर एक-एक पेंच लगे हुए होते हैं। इन्हे घुमाकर डंडी के सिरों का भार अल्प मात्रा में कम-बेशी किया जा सकता है और अल्प परिमाण में दाहिने बाएँ झुकी हुई डंडी को क्षैतिज बनाया जा सकता है।

तुला का बाहरी स्तंभ खोखला होता है और इसके अंदर एक अंतर्स्तंभ होता है। अंतर्स्तंभ तुला के आधार तख्ते में लगे हुए एक हत्ये से जुड़ा हुआ होता है। इस हत्ये को घुमाकर अंतर्स्तंभ को ऊँचा-नीचा किया जा सकता है। हत्ये को घुमाकर अंतर्स्तंभ को ऊँचा कर देने से, डंडी अपने अन्य समस्त आधारों को छोड़कर केवल मध्य क्षुरधार के सहारे अंतर्स्तंभ पर आलंबित हो जाती है। अब छोटी-से-छोटी वस्तु को किसी पलड़े पर रख देने से डंडी उस ओर झुक जाती है और सूचक सूई पैमाने पर दूसरी ओर खिसक जाती है। तुला की इस अवस्था को उसकी मुक्त (released) अवस्था कहते हैं। तौलते समय सबसे पहले तुला को मुक्त अवस्था में लाना पड़ता है।

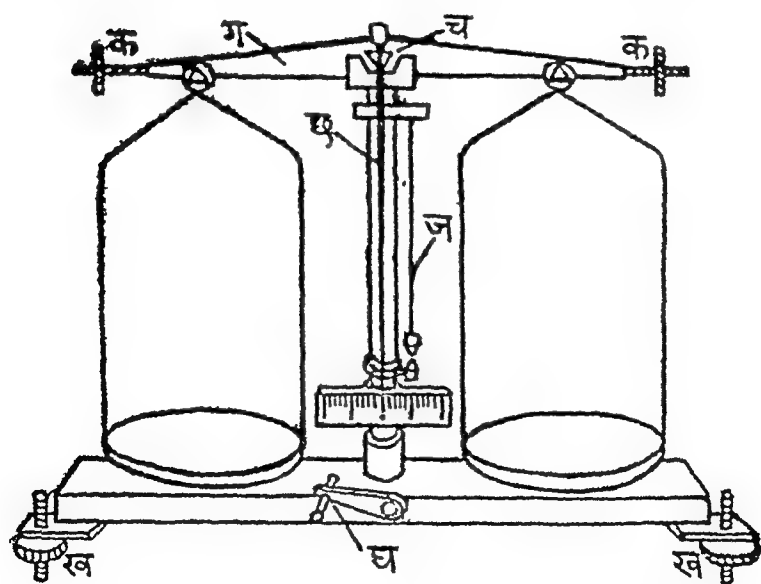
जब तुला का व्यवहार नहीं किया जाता है उस समय हत्ये को घुमाकर अंतर्स्तंभ को नीचा कर दिया जाता है। इस अवस्था में डंडी बाहरी स्तंभ के दोनों ओर लगे हुए दो उपस्तंभों पर आधारित हो जाती है और डंडी का



ढोलना बंद हो । इस अवस्था को तुला की विरामावस्था (arrested) कहा जाता है । तोलने के बाद हमेशा तुला को विरामावस्था में कर देना चाहिए, ताकि बिना कारण क्षुरधार घिसे नहीं ।

तुला का स्तंभ एक लकड़ी के आधार तख्ते पर खड़ा रहता है । आधार तख्ते के चारों किनारों पर पेंच लगे हुए होते हैं, जो इसके पाए का कमा करते हैं । इसे आवश्यकतानुसार घुमाकर, पाए को छोटा-बड़ा करके, आधार तख्ते को क्षैतिज रखा जाता है । पटरी क्षैतिज है या नहीं, इसे देखने के लिए स्तंभ के ऊपरी भाग से एक साहुल (plumbline) लटका रहता है । स्तंभ के निचले भाग में ऊपर की ओर नोक वाली एक नोकदार घुंटी इस प्रकार से लगी हुई होती है कि अगर पटरी क्षैतिज हो तो साहुल की नोक घुंटी के नोक के ठीक ऊपर रहती है । साहुल को देखकर यह माखूम हो जाता है कि आधार तख्ता क्षैतिज है या नहीं ।

भौतिक तुला को धूल, हवा आदि के असर से बचाने के लिए इसे हमेशा



[ चित्र १२—भौतिक तुला ]

काँच के बक्से में बन्द रखा जाता है । व्यवहार करते समय बक्से की बगल में लगा हुआ दरवाजा खोलकर काम लिया जाता है ।

## भौतिक तुला से तौलना

भौतिक तुला से तौलने के पहले जाँच कर लेना चाहिए कि तुला ठीक अवस्था में है या नहीं। इसके लिए तौलना शुरू करने से पहले निम्नलिखित कामों को किया जाता है—

१. तुला का समतलन—सबसे पहले लटके हुए साहुल से देख लेना चाहिए कि तुला का आधार तबत्ता क्षैतिज है या नहीं। अगर वह क्षैतिज न हो तो तख्ते के किनारों पर लगे हुए पेचों को धीरे-धीरे घुमाकर उसे क्षैतिज कर लिया जाता है।

२. डंडी का क्षैतिजकरण—हथ्ये को घुमाकर तुला को स्वतंत्र करके देख लिया जाता है कि डंडी क्षैतिज है या नहीं। अगर सूचक सूई पैमाने के ठीक मध्य में '०' पर नहीं हो या अगर डोलने के समय पैमाने के दोनों ओर समान दूरी तक न जाती हो तो डंडी के सिरो पर लगे हुए पेचों को घुमाकर डंडी को क्षैतिज बनाया जाता है। सूचक सूई जिस ओर हटी हुई हो या डोलते समय जिस ओर अधिक दूर तक जाती हो उस ओर के पेच को बाहर की ओर या दूसरी ओर के पेच को अंदर की ओर घुमाकर डंडी को क्षैतिज बनाया जाता है। अर्थात् यदि सूचक सूई दाहिनी ओर हटी हुई हो या डोलते समय दाहिनी ओर अधिक दूर तक जाती हो तो दाहिनी ओर के पेच को बाहर की ओर या बाईं ओर के पेच को अंदर की ओर घुमाकर डंडी क्षैतिज बनाई जाती है।

जाँच के बाद, तौलना शुरू करने के पहले हथ्या घुमाकर तुला को विरामावस्था में लाया जाता है।

तौली जानेवाली वस्तु को वाएँ पलड़े पर रखकर दाहिने पलड़े पर अन्दाज से वाट रखा जाता है। सुविधा के लिए वाटवक्सा को दाहिनी ओर रखना चाहिए। अब हथ्ये को घुमाकर तुला को स्वतंत्र किया जाता है। अगर डंडी क्षैतिज न हुई हो अर्थात् सूचक सूई मध्य बिन्दु '०' पर स्थिर न हुई हो या वह अगर डोलती हो तो पैमाने के मध्य बिन्दु '०' से दोनों ओर समान दूरी तक न जाती हो, तो वाटों को घटा-बढ़ाकर डंडी क्षैतिज बनाई जाती है। लेकिन वाटों को घटाते-बढ़ाते समय प्रत्येक बार

तुला को विरामावस्था में ले आना अत्यावश्यक है। डंडी क्षैतिज हो जाने पर बाटों को देखकर वस्तु का वजन मालूम हो जाता है।

तौलने के समय निम्नलिखित बातों पर ध्यान देना चाहिए—

१. जब तुला स्वतंत्र अवस्था में हो उस समय न तो उसके पलड़ों पर कोई बाट या अन्य वस्तु रखनी चाहिए और न हटानी ही चाहिए। बाट या अन्य कोई वस्तु पलड़े पर रखने या पलड़े से हटाने के पहले अवश्य ही तुला को विरामावस्था में ले आना चाहिए।

२. तुला को स्वतंत्र या विरामावस्था में लाने के समय हथ्ये को आहिस्ते से घुमाना चाहिए। हथ्ये को कभी भी झटके के साथ नहीं घुमाना चाहिए।

३. पलड़े पर ऐसी कोई वस्तु नहीं रखनी चाहिए जिससे पलड़े पर दाग लग जाए या पलड़े को कोई नुकसान पहुँचे। ऐसी वस्तु को अगर तौलना हो तो उसे उचित पात्र में रखकर ही तौलना चाहिए। ऐसा करने के लिए पहले पात्र को और फिर पात्र में रखकर पात्र-समेत वस्तु को तौला जाता है। पात्र-समेत वस्तु के वजन से पात्र का वजन घटा देने से वस्तु का वजन मिल जाता है।

४. तौलते समय बड़े बाट से शुरू करना चाहिए और आवश्यकतानुसार क्रमशः छोटे बाटों को लेना चाहिए।

५. बाटों को कभी हाथ से नहीं छुना चाहिए। हमेशा उन्हें चिमटी से पकड़ना चाहिए। प्रत्येक बाट-वक्से के साथ चिमटी रहती है। हाथ से पकड़ने पर हाथ के मूल से बाट में त्रुटि आ सकती है।

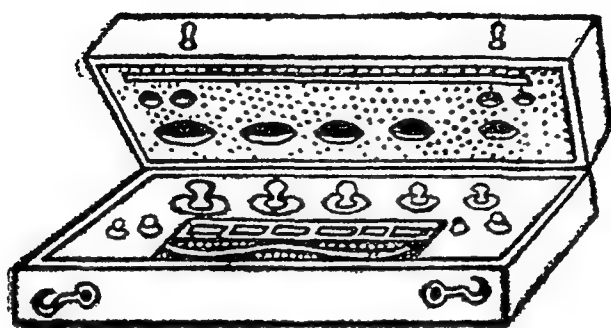
६. गरम वस्तु को नहीं तौलना चाहिए।

७. तौलते समय सूचक सूई का डोलना देखने के लिए वक्से का दरवाजा बन्द कर देना चाहिए ताकि सूई पर हवा का असर न पड़े।

#### बाट-बक्स—(Weight box)

भौतिक तुला के साथ मानक बाटों का एक बक्सा रहता है। बक्से में विभिन्न माप के बाटों के लिए अलग-अलग खाने होते हैं। बक्से में बाटों को उठाने के लिए एक चिमटी होती है।

वैज्ञानिक कामों के लिए वाट-बक्से में दशमलव पद्धति के वाट रहते हैं। साधारणतः बक्से में १००, ५०, २०, १०, ५, २, १, ०.५, ०.२, ०.१ ग्राम



[ चित्र सं० १३— वाट-बक्सा ]

के वाट होते हैं। अधिक सूक्ष्म कामों के लिए किसी-किसी वाट-बक्से में ०.०५, ०.०२ और ०.०१ ग्राम के भी वाट रहते हैं। व्यवहार के बाद वाट-बक्से को हमेशा बंद करके रखना चाहिए।

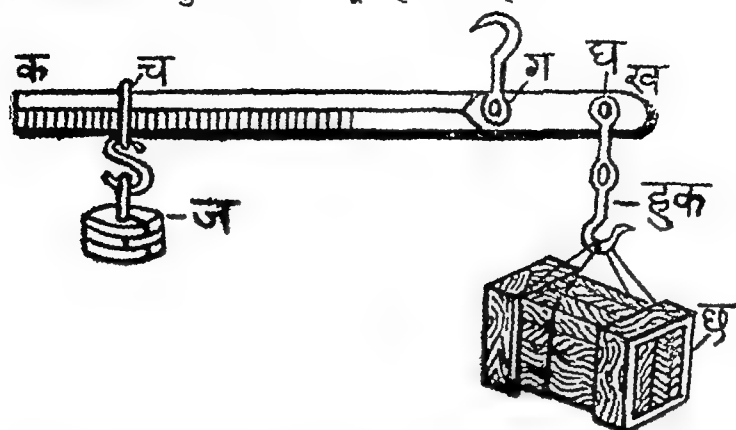
### रोमन काँटा (Roman steelyard) या विषमभुज तुला

साधारण तराजू तथा भौतिक तुला समभुज तुला कहलाती है। इनकी डंडी का केन्द्र, जहाँ से लटकाकर तुला क्षैतिज बनाई जाती है, डंडी के ठीक बीच में होता है। इस प्रकार इन तुलाओं की दोनों भुजाएँ समान होती हैं। रोमन काँटा या विषमभुज तुला की दोनों भुजाएँ समान नहीं होती और इसे ठीक बीच से न लटकाकर एक किनारे की ओर हटाकर लटकाया जाता है। इस प्रकार इसकी एक भुजा दूसरी भुजा से बड़ी होती है।

विषमभुज तुला साधारणतः बड़ी और भारी चीजों तौलने में काम आती है। जहाँ जल्दी-जल्दी तौलने की आवश्यकता रहती है तथा मोटे तौर पर तौल से काम चल जाता है, वहाँ इस काँटे का व्यवहार किया जाता है।

इसमें एक लंबा समरूप अंशांकित छड़ होता है। यह छड़ एक किनारे के पास से हुक की सहायता से लटका रहता है। अंशांकित भुजा लंबी होती है और इसपर एक खिसकनेवाले छल्ले में एक छोटा-सा वाट लगा होता है। तौलनेवाली वस्तु छड़ की छोटी भुजा में लटका दी जाती है और छल्ले को

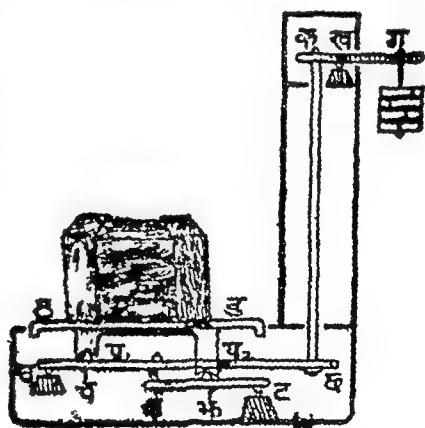
खिसकाकर छड़ को क्षैतिज बनाया जाता है। अंशांकित भुजा पर छल्ले की स्थिति को देखकर वस्तु का वजन मालूम हो जाता है।



[ चिन्न १४—विषमभुज तुला : क ख—छड़; ग—लटकाने वाला बिंदु ; घ—तौलनेवाली वस्तु लटकाने का हुक ; च—खिसकने वाला छल्ला ; छ—तौलने वाली वस्तु ; ज—छल्ले से लटका हुआ वजन ]

#### प्लेटफार्म तुला

रेलवे स्टेशन आदि स्थानों में जहाँ भारी-भारी चीजें तौलनी पड़ती हैं, वहाँ यह तुला साधारणतः काम में लाई जाती है। इसमें माल रखने के चक्करों के नीचे दो लीवर और ऊपर एक अंशांकित लीवर लगे होते हैं। चक्करों पर बोझ रखने से नीचे के लीवर दब जाते हैं और ऊपर के लीवर के सिरे को ऊपर उठा देते हैं। ऊपर के लीवर में लगे हुए वाट को खिसकाकर उसे क्षैतिज बनाया जाता है और उसपर बने हुए चिह्न पर वाट की स्थिति को देखकर वजन मालूम हो जाता है।



[ चिन्न १५—प्लेटफार्म तुला ]

#### चीकी तुला

इसपर चढ़ाकर गाड़ी, मोटर, ट्रक आदि तौले जाते हैं। पहले माल-चमेत गाड़ी और फिर खाली गाड़ी को तौलकर माल का वजन मालूम कर

लिया जाता है। गाड़ी आदि चढ़ाने की सुविधा के लिए इसका चवूतरा रास्ते की सतह पर लगाया जाता है। इसके लीवर आदि जमीन के नीचे पक्का कमरा बनाकर, उसमें बँटाए जाते हैं। ऊपर का अंशांकित लीवर बगल में एक कमरे के अंदर लगा होता है। तौलते समय इस लीवर को क्षैतिज बनाकर, वाट की स्थिति देखकर वजन मालूम कर लिया जाता है।

### कमानीदार तुला (Spring balance)

साधारण तुला या भौतिक तुला से वस्तु का द्रव्यमान और कमानीदार तुला से उसका वजन मापा जाता है। हम पहले ही देख चुके हैं कि विभिन्न स्थानों में वजन की भिन्नता में इतना कम अंतर होता है कि साधारणतः द्रव्यमान माप करके ही वजन के परिमाण का निर्णय किया जाता है। इसलिए दैनंदिन जीवन में द्रव्यमान और वजन को समान मानकर साधारण तराजू या कमानीदार तराजू, दोनों ही मापने के काम में इस्तेमाल किए जाते हैं।

कमानीदार तुला वस्तु का वजन अर्थात् उसपर लगनेवाले गुरुत्वाकर्षण बल को दर्शाती है। कमानीदार तुला की कमानी से लटकाई गई वस्तु पर गुरुत्वाकर्षण बल के अनुपात में कमानी फैल जाती है और उससे वस्तु पर लगनेवाला गुरुत्वाकर्षण बल का परिमाण या उस वस्तु का वजन मालूम हो जाता है। वस्तु पर लगनेवाले गुरुत्वाकर्षण बल में कमी-वेशी होने से कमानी के फैलाव में भी कमी-वेशी हो जाती है और उसके अनुसार वस्तु पर लगनेवाला गुरुत्वाकर्षण बल या वजन की कमी-वेशी का परिमाण मालूम हो जाता है। इसलिए कमानीदार तराजू से, एक ही वस्तु को, समुद्र-सतह पर तौलने से जो वजन मालूम पड़ेगा, ऊँचे पहाड़ की चोटी पर, जो समुद्र-सतह की तुलना में पृथ्वी के केन्द्र से दूर है, तौलने से कम वजन मालूम पड़ेगा।

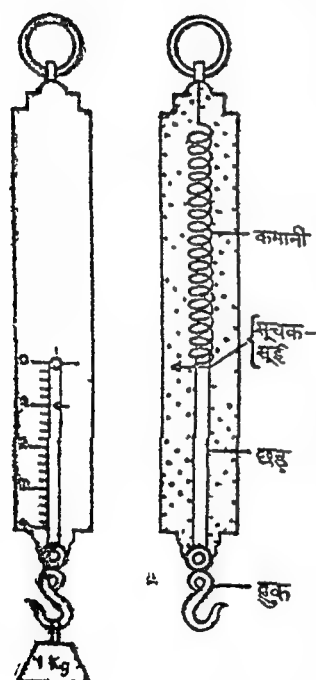
लेकिन साधारण या भौतिक तुला में, जिनमें वस्तु को वाट के साथ संतुलित करके मापा जाता है, गुरुत्वाकर्षण बल में कमी-वेशी से माप में कोई अंतर नहीं पड़ता है; क्योंकि गुरुत्वाकर्षण बल में कमी-वेशी का असर वाट और वस्तु पर एक-सा होने के कारण दोनों के संतुलन पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता और सभी जगह माप एक समान बनी रहती है।

## साधारण कमानीदार तुला

साधारण कमानीदार तुला में एक इस्पात के मोटे तार से बनी कमानी रहती है। कमानी के निचले सिरे के साथ एक लंबा छड़ लगा हुआ होता है। छड़ के नीचे एक हुक लगा दी जाती है। कमानी को एक लंबे अर्द्ध-वेलनाकार खोल के अंदर इस प्रकार से लगा दिया जाता है कि उसका ऊपरी सिरा खोल के ऊपरी सिरे के साथ मजबूती से जुड़ा रहे। कमानी के निचले सिरे पर एक सूचक सूई लगा दी जाती है। खोल के चिपटे भाग में एक लंबी झिरी कटी हुई होती है और सूचक सूई इस झिरी के बाहर

निकली हुई होती है। सूचक सूई के स्थान को शून्य और फिर विभिन्न वजन के वाट लटकाकर सूचक सूई द्वारा दर्शाए हुए स्थानों पर उनके अंक चिह्नित करके यह पैमाना बनाया जाता है। वजन करते समय हुक से वस्तु को लटका दिया जाता है और पैमाने पर सूचक सूई को देखकर वजन मालूम कर लिया जाता है।

इस्तेमाल के समय आवश्यकता पड़ने पर हुक से एक पलड़ा लटका दिया जाता है। ऐसी अवस्था में किसी वस्तु को तौलते समय पहले पलड़े का वजन और फिर वस्तु-समेत पलड़े का वजन देख लिया जाता है और पलड़े-समेत वस्तु के वजन से पलड़े का वजन घटाकर वस्तु का वजन मालूम किया जाता है। उदाहरण के लिए, यदि पलड़े का वजन १०० ग्राम और पलड़े-समेत वस्तु का वजन ५०० ग्राम हो तो वस्तु का वजन  $५०० - १०० = ४००$  ग्राम होगा।



[ चित्र १६—साधारण कमानीदार तुला ]

तौलते समय हमेशा देख लेना चाहिए कि सूचक सूई शून्य पर है या नहीं। अगर नहीं है तो उसके अनुसार वस्तु के दर्शाए हुए वजन में सशोधन करना पड़ेगा।

### कमानीदार चवूतरा तुला

भारी वस्तु तौलने के लिए कमानीदार तुला में एक चवूतरा होता है और उसके सामने घड़ी जैसी वजन-सूचक अंशांकित गोल पैमाना और सूचक सूई होती है। डाक्टर लोग रोगियों को तौलने के लिए साधारणतः इस प्रकार की तुला काम में लाते हैं। इसमें चवूतरे के नीचे एक मजबूत कमानी लगी हुई होती है। तौली जानेवाली वस्तु पर लगनेवाले गुस्त्वा-कर्षण बल के अनुपात में कमानी नीचे दबती है और उसके साथ लगी हुई सूचक सूई उस बल के परिमाण या वजन को पैमाने पर दर्शाती है।

दुकानों में सौदा तौलने के लिए इस प्रकार की तुला में चवूतरे के स्थान पर एक पलड़ा लगा हुआ होता है और उसके नीचे गोलाकार घड़ी जैसा पैमाना लगा हुआ होता है। पलड़े में सौदा रखकर पैमाने पर सूचक सूई को देखकर उसका वजन मालूम किया जाता है।

साधारण कमानीदार तुला और इन तुलाओं में मुख्य अंतर यह होता है कि साधारण कमानीदार तुला में वजन करने के लिए, तौली जानेवाली वस्तु को कमानी के नीचे लटकाया जाता है और कमानी फैलकर वजन दर्शाती है। लेकिन इनमें वस्तु को कमानी के ऊपर रखा जाता है और उसके वजन से कमानी दबकर वजन के परिमाण को दर्शाती है।

कमानीदार तुलाओं की वजन करने की क्षमता निश्चित होती है। कभी भी किसी कमानीदार तुला से निश्चित क्षमता से अधिक वजनदार वस्तु को नहीं तौलना चाहिए। ऐसा करने से तुला टूटकर खराब हो जा सकती है।

घर में एक छोटी कमानीदार तुला रखने से छोटा-मोटा सौदा तौलने में काफी सुविधा होती है।



## समय की माप

हम पहले ही देख चुके हैं कि आजकल समय की माप का सर्वमान्य मात्रक सेकेंड, मिनिट तथा घंटा है और एक सेकेंड एक मध्यमान सौर दिवस का ८६, ४०० वाँ भाग होता है।

### लोलक का नियम

आजकल समय की माप घड़ी देखकर की जाती है। सन् १५८३ में गैलिलियो (Galileo) द्वारा लोलक के दोलन-काल-संबन्धी आविष्कार को आज की घड़ी का जनक कहा जा सकता है। लोलक के दोलन-काल के नियम के आधार पर हाइगिन्स ने सन् १६५८ में पहले-पहल घड़ी का निर्माण किया।

### लोलक (Pendulum)

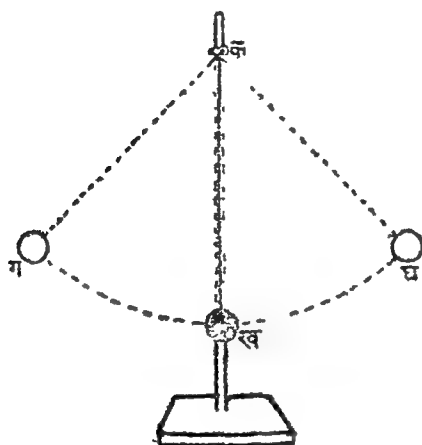
**सरल लोलक (Simple pendulum)**—सरल लोलक बनाने के लिए, एक पतली लची और मजबूत डोरी में एक छोटी परंतु भारी गोली बाँधकर, उसे किसी स्थिर बिंदु से इस प्रकार लटका दिया जाता है कि गोली बिना बाधा के झूल सके। लोलक के इस गोली को गोलक (bob) कहते हैं। स्थिर बिंदु से गोलक के मध्य बिंदु तक की लंबाई को लोलक की लंबाई कहते हैं।



अगर गोलक को एक ओर कुछ दूर तक ले जाकर छोड़ दिया जाता है तो गोलक अपने पहले के स्थान पर आकर रुक नहीं जाएगा, बल्कि विपरीत दिशा में कुछ दूर तक चला जाएगा और फिर लौटकर जहाँ से चला था उस ओर जाएगा। लोलक का इस प्रकार का दोलन-क्रम कुछ समय तक चलता रहेगा।

[ चित्र १७—  
सरल लोलक ]

चित्र में, स्थिर बिंदु क से लोलक की डोरी को लटकाया गया है। ख स्थिर अवस्था में गोलक का स्थान है। गोलक को ग तक ले जाकर छोड़ दिया गया है। गोलक लौटकर ख बिंदु तक आता है, लेकिन वहाँ न रुककर ग ख की विपरीत दिशा में ग घ तक चला जाता है। फिर वह ख से होते हुए



[ चित्र १८—दोलन ]

ग की ओर लौट जाता है। ख ग को दोलन आयाम (amplitude) या दोलन-विस्तार, ग से घ तक जाने के समय को कंपन-काल तथा ग से घ तक जाने और फिर लौट आने के समय को दोलन-काल कहते हैं अर्थात् ग से घ तक जाने तथा फिर ग तक लौट आने में लगनेवाले समय को दोलन-काल कहते हैं।

### लोलक का नियम

#### समकालत्व का नियम

१. प्रत्येक लोलक का अपना दोलन-काल हमेशा समान होता है। आयाम या दोलन-विस्तार বেশी हो या कम, उसका कोई असर दोलन-काल पर नहीं पड़ता है।

प्रयोग—एक साधारण लोलक बनाइए। एक विराम धड़ी की सहायता से विभिन्न दोलन-विस्तार पर दोलन-काल की जाँच कीजिए। ऐसा करने के लिए गोलक को एक बार १ इंच, एक बार २ इंच और एक बार ४ इंच दूर

ले जाकर छोड़िए। देखिएगा कि प्रत्येक अवस्था में दोलन-काल एक समान है।

२. दोलन-काल गोलक के वजन या पदार्थ पर निर्भर नहीं करता अर्थात् लोलक के गोलक का वजन कम या বেশी होने से या विभिन्न पदार्थ से बने हुए होने से उसके दोलन-काल में कमी-बेशी नहीं होती है।

प्रयोग—विभिन्न पदार्थों से बने हुए विभिन्न वजनो के कई गोलक लीजिए। इनसे समान लंबाई के उतने लोलक बनाइए। अब प्रत्येक लोलक के दोलन-काल की जाँच, विराम घड़ी की सहायता से कीजिए। देखिएगा कि सभी का दोलन-काल एक समान है।

### लंबाई का नियम

१. समान लंबाई के लोलकों के दोलन-काल समान होते हैं।

प्रयोग—समान लंबाई के कई लोलक बनाइए। बारी-बारी से प्रत्येक को विभिन्न दोलन-विस्तार में डोलाइए। देखिएगा कि सभी-के-सभी का दोलन-विस्तार पर दोलन-काल एक ही है। अब गोलको को बदलकर भिन्न वजनो तथा भिन्न पदार्थों से बने हुए नए गोलक लगाइए। तब भी देखिएगा कि दोलन-काल में कोई परिवर्तन नहीं हुआ है।

२. विभिन्न लंबाई के लोलक के दोलन-काल भिन्न-भिन्न होते हैं।

प्रयोग—विभिन्न लंबाई के कई लोलक बनाइए। प्रत्येक को विभिन्न दोलन-विस्तार में डोलाइए। देखिएगा कि प्रत्येक का दोलन-काल भिन्न-भिन्न है।

३. लोलक का दोलन-काल उसकी लंबाई के वर्गमूल का समानुपाती होता है।

प्रयोग—६ से० मी०, १६ से० मी०, २५ से० मी० और १०० से० मी० लंबाई के चार लोलक बनाइए। बारी-बारी से प्रत्येक के दोलन-काल की जाँच कीजिए। देखिएगा कि इनके दोलन काल का अनुपात ३:४:५:१० है अर्थात् अगर ६ से० मी० लंबाई का दोलन-काल ३ सेकंड हो तो अन्य लोलकों का दोलन-काल क्रमशः चार सेकंड, पाँच सेकंड और दस सेकंड होगा। ये क्रमशः ६, १६, २५ और १०० के वर्गमूल हैं अर्थात् इन लोलको के दोलन-काल  $\sqrt{६}$ ,  $\sqrt{१६}$ ,  $\sqrt{२५}$  और  $\sqrt{१००}$  के समानुपाती हैं।

४. लोलक की लंबाई जितनी अधिक होगी उसका दोलन-काल भी उसी अनुपात में अधिक होगा। लोलक की लंबाई में ४ गुना, ९ गुना और १६ गुना वृद्धि होने से उसके दोलन-काल में २ गुना, ३ गुना और ४ गुना वृद्धि होगी।

### लोलक घड़ी (Pendulum clock)

निश्चित लंबाई के लोलक का दोलन-काल निश्चित होता है। इसी सिद्धांत के आधार पर लोलक घड़ी बनाई गई है। हम पहले ही देख चुके हैं कि सन् १५६२ में गैलीलिओ ने लोलक का दोलन-काल-संबंधी आविष्कार किया था। कहा जाता है कि प्रार्थना के समय, पीसा नगर के एक गिरजे में, झूलती हुई एक वस्ती को देखकर गैलीलिओ को लगा कि यद्यपि वस्ती के झूलने का आयाम धीरे-धीरे छोटा होता जा रहा है, फिर भी उसके दोलन के समय में कोई परिवर्तन नहीं हो रहा है। उन्होंने अपनी नाडी की घड़िकन के साथ मिलाकर इस बात की जाँच की और अपने अनुमान को सही पाया। गैलीलिओ ने ही बताया कि इस नियम के आधार पर समय मापने का यंत्र यानी घड़ी बनाई जा सकती है और इसी सिद्धांत के आधार पर सन १६५८ में डच वैज्ञानिक हाइगेंस ने सर्वप्रथम लोलक घड़ी बनाई। लेकिन गैलीलिओ इसे देख नहीं सके। इसके १६ साल पहले ही, सन १६४२ में उनकी मृत्यु हो गई।

लोलक घड़ियाँ दीवाल से लटकाई जाती हैं। दीवाल-घड़ियाँ साधारणतः लोलक घड़ियाँ होती हैं।

लोलक घड़ियों के अतिरिक्त कई अन्य प्रकार की घड़ियाँ होती हैं। जैसे-- स्प्रिंग-घड़ी, पाण्ड-घड़ी और कलाई-घड़ी। इनमें बाल कमानी से नियंत्रित एक संतुलन चक्र (Balance wheel) के दोलन-काल से समय की माप होती है।

घड़ियों में चाहे लोलक लगा हो या संतुलन चक्र, उसे लगातार चलाने के लिए उनमें एक या अधिक कमानी लगी हुई होती है। चाभी की सहायता से कमानी को लपेट दिया जाता है। घड़ी में ऐसी यांत्रिक व्यवस्था की जाती है कि कमानी एक निश्चित रफ्तार से खुलती रहे और इस क्रिया में लोलक या संतुलन चक्र को चलाती रहे। साधारणतः छोटी घड़ी में यह कमानी

२४ घंटे में पूरी खुल जाती है और फिर चाभी से इसे लपेट देना पड़ता है । दीवान-घड़ियों में कमानी को पूरा खुलने में एक हफ्ता समय लगता है । किसी-किसी घड़ी में कमानी खुलने में इससे भी अधिक समय लगता है ।

विद्युत्-चालित घड़ियों में कमानी के स्थान पर बैद्युतिक ऊर्जा की सहायता से लोलक या संतुलन चक्र को चलाया जाता है । स्वचालित (automatic) घड़ी में चाभी देने की आवश्यकता नहीं पड़ती । कुछ देर तक हाथ में पहने रहने पर ही उनके संतुलन चक्र में इतनी गति पैदा हो जाती है कि वह एक निश्चित अवधि तक चलती रहती है ।

दोलन घड़ियों में लगा हुआ लोलक या संतुलन चक्र का एक कपन-काल एक सेकेंड होता है और दोलन-काल दो सेकेंड । इस प्रकार के लोलक को सेकेंड लोलक कहते हैं । घड़ी के अंदर, लोलक के ऊपरी सिरे पर एक घोंटे के नाल जैसा लगर लगा हुआ होता है । लोलक के डोलने के साथ-साथ यह लंगर भी ऊपर-नीचे डोलता रहता है । लगर के ठीक नीचे एक दाँतदार चक्र इस प्रकार से लगा हुआ रहता है कि ऊपर-नीचे होते समय लगर का एक-एक सिरा बारी-बारी से चक्र के दाँतों के खाँज में बैठ जाता है और वहाँ से उठते समय चक्र को ठेल देता है । इस प्रकार लोलक के प्रत्येक अर्द्ध दोलन या कपन-काल में इस चक्र का एक-एक दाँत घूमता रहता है । इस दाँतदार चक्र के साथ अन्य कई दाँतदार चक्र लगे हुए होते हैं और वे विभिन्न रपतारों से चलते रहते हैं और साथ-साथ घड़ी की सेकेंड, मिनिट तथा घंटे की सुइयों को चलाते रहते हैं ।

हाथ-घड़ी, जेब-घड़ी या अन्य छोटी घड़ियों में यह लगर संतुलन चक्र के साथ जुड़ा हुआ होता है ।

### विराम घड़ी (Stop watch)

किसी क्रिया का ठीक-ठीक समय जानने के लिए इस प्रकार की घड़ी का इस्तेमाल होता है । ऐसे तो विराम घड़ी साधारण घड़ी के ही सिद्धांत पर बनती है और उसी तरह चलती है । फर्क इतना ही है कि यह घड़ी दिन-रात का समय दर्शाने के काम में नहीं आती है । इसलिए यह घड़ी चौबीस घंटे नहीं चलती रहती । किसी क्रिया के प्रारंभ में बटन दबाकर इसे चला दिया जाता है । जब तक बटन को दबाकर रखा जाता है तब तक

घड़ी चलती रहती है और बटन को छोड़ देने से बंद हो जाती है। इस प्रकार क्रिया के अंत में बटन को छोड़कर घड़ी को बंद कर दिया जाता है और घड़ी की सूई की स्थिति देखकर क्रिया में लगनेवाले समय का ज्ञान हो जाता है।

किसी-किसी विराम घड़ी में एक बार बटन दबाकर चलाने तथा दोबारा बटन दबाकर बंद करने की व्यवस्था होती है। इस घड़ी की सहायता से एक सेकेंड के दसवें भाग तक का समय मापलूम हो जाता है।

खेल-कूद आदि की प्रतियोगिता, वैज्ञानिक प्रयोग आदि में इस घड़ी की आवश्यकता पड़ती है।

### पुरानी पद्धति

प्राचीन समय में साधारणतः आकाश में सूरज, चंद्र तथा तारों का स्थान देखकर समय का अंदाज लगाया जाता था। साथ ही, निश्चित समय जानने के लिए वालू घड़ी, जल घड़ी, सूर्य घड़ी आदि भी काम में लाई जाती थी।

### वालू घड़ी और जल घड़ी

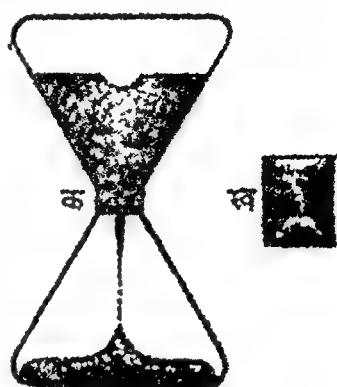
वालू घड़ी तथा जल घड़ी एक ही नियम से बनाई जाती थी। एक पात्र में वालू या पानी रखा जाता था और उसकी पेंदी में एक छोटा-सा छेद कर दिया जाता था। छेद से वालू या पानी एक निश्चित रफ्तार से गिरता रहता था। एक निश्चित समय में कितना वालू या पानी गिरा है, उसके अनुसार पात्र में चिह्न लगा दिया जाता था। अब गिरे हुए वालू या पानी को देखकर समय जाना जाता था।

वालू या जल घड़ी बहुत ही आसानी से बनाई जा सकती है। दो समान आकार की बोतलें लीजिए और एक लंबा काग लीजिए जो बोतलों के मुँह में ठीक से बैठ सके। काग में एक छोटा-सा छेद कीजिए ताकि बोतल के मुँह पर लगा देने से छेद में से वालू या पानी गिर सके। काग के दोनों सिरों पर काटकर गहरा बना दीजिए। अब एक बोतल में पानी या वालू भर दीजिए और उसे काग में बंद कर दीजिए। फिर इस बोतल को उलट कर दूसरी बोतल के ऊपर रखकर उस बोतल को भी काग के दूसरे सिरे में बंद कर दीजिए। घड़ी से समय मिलाकर एक निश्चित समय में कितना वालू या पानी गिरता है उसे देखकर बोतल में चिह्न लगा दीजिए। अब वालू या

जल घड़ी बन गई। गिरे हुए जल या वालू को देखाकर नमय मापन हो जाता है। जल घड़ी में काग का छेद वालू घड़ी से पतला बनाना पड़ता है।

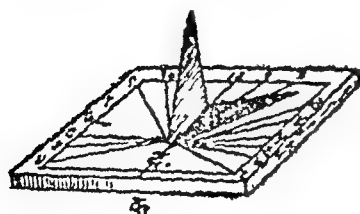
### सूर्य घड़ी (Sun dial)

प्राचीन काल में, मान मन्दिरों में समय जानने के लिए सूर्य घड़ी या धूप घड़ी बनाई जाती थी। प्रकट है कि सूर्य घड़ी से केवल दिन में, ठूप रहने पर ही समय जाना जा सकता है।



इसमें एक लकड़ी या धातु-निर्मित डायल या घड़ी का मुँह होता है। डायल पर समय-मापक चिह्न बने हुए होते हैं। डायल के बीच में उत्तर-दक्षिण दिशा में लगी हुई एक ऊँची पतली समकोण त्रिभुजाकार पट्टिका होती है। इसे घड़ी की कील कहते हैं। जिस नमय कील की छाया सबसे छोटी होती है, डायल पर उस स्थान को मध्याह्न यानी दोपहर के समय के रूप में चिह्नित कर दिया जाता है। इसी प्रकार जब कील की छाया पश्चिम की ओर सबसे लम्बी होती है उस स्थान को नुबह और जब पूरव की ओर सबसे लम्बी होती है उस स्थान को संध्या के समय के रूप में चिह्नित करके, समस्त डायल को समान भागों में बाँटकर समय जानने

[ चित्र १९—वालू घड़ी, जल घड़ी : क—घड़ी, ख—काग के बीच का छेद ]



की व्यवस्था की जाती है। भारत के मान-मन्दिरों में साधारणतः सूर्य घड़ी के डायल को प्रहर, दंड, पल आदि में बाँटा जाता था।

[ चित्र २०—सूर्य घड़ी ]

काशी के मानमंदिर, दिल्ली के जंतर-मंतर आदि स्थाव्यों में सूर्यघड़ी बनी हुई है।

रसायन-शास्त्र

[ CHEMISTRY ]





## विषय-प्रवेश

रसायनशास्त्र में पदार्थों के गुण, संघटन (composition), उनमें होनेवाले परिवर्तनों तथा विभिन्न प्रकार के पदार्थों की एक दूसरे पर क्रियाप्रतिक्रिया का अध्ययन किया जाता है।

रसायनशास्त्र की चर्चा अति प्राचीन काल से होती आ रही है। आज से कम-से-कम तीन हजार साल पहले भारतीय ऋषियों ने पंचतत्त्व के सिद्धांत का प्रतिपादन किया था। इसके अनुसार विश्व का प्रत्येक पदार्थ क्षिति (मिट्टी), आपस् (जल), तेज (आग), मरुत (वायु) तथा व्योम (आकाश या शून्य स्थान)—इन पांच तत्त्वों से मिलकर बना है। ईसा से पूर्व पांचवीं सदी में कुछ ग्रीक-दार्शनिकों ने भी कहा था कि पृथ्वी के सभी पदार्थ मिट्टी, जल, वायु और आग—इन चार तत्त्वों से बने हैं।

हजारों साल पहले एक भारतीय ऋषि—कणाद ने आज के सर्वमान्य परमाणुवाद के सिद्धांत का प्रतिपादन किया था। उन्होंने बताया था कि दुनिया के प्रत्येक पदार्थ अविभाज्य तथा अदर्शनीय, छोटे-छोटे कणों से बने हैं। बाद में चलकर ग्रीक-दार्शनिक डेमोक्रीटास तथा एपीक्यूरास ने भी बताया कि प्रत्येक पदार्थ अविभाज्य कणों से बनते हैं।

प्राचीन काल में रसायनशास्त्र की प्रगति मुख्यतः दो प्रकार से हुई। प्रथमतः, कुछ लोग दूसरी धातुओं को सोने में बदलने के लिए विभिन्न प्रकार के प्रयोग करते थे। उन्हें आलकेमिस्ट कहते थे। वे सोना तो न बना सके लेकिन उनके प्रयोगों से बहुत-सी रासायनिक विधियों, जैसे आसवन (distillation), ऊष्णपातन (sublimation) आदि का आविष्कार हुआ।

दूसरी तरफ, औषधि की खोज में भी बहुत-से लोग विभिन्न प्रकार की वस्तुओं के गुणों का अध्ययन करने लगे थे। भारत में रासायनशास्त्र की चर्चा मुख्यतः औषधि की ही खोज में की जाती थी। लगभग दो हजार

साल पहले भारतीय रसायनशास्त्री नागार्जुन ने इस देश में पहले-पहल आसवन, ऊर्ध्वपातन, निस्तापन ( calcination ) आदि का आविष्कार किया था ।

आधुनिक रसायन-विज्ञान की नींव डालनेवाले अँग्रेज वैज्ञानिक रॉबर्ट बॉयल (Robert Boyle) हैं । उनका जन्म सन् १६२७ में हुआ था । उन्होंने तत्त्व-संबंधी आधुनिक विचारों की स्थापना की । उनके बाद रसायन-विज्ञान की प्रगति तेजी से होती गयी और वह प्रगति आज भी हो रही है और भविष्य में भी होती रहेगी ।

रसायन-विज्ञान के अँग्रेजी नाम कैमिस्ट्री (chemistry) और अरबी नाम कीमिया है । यह अरबी शब्द यूरोप में आकर धीरे-धीरे कैमिस्ट्री में रूपांतरित हो गया ।

हमारे दैनिक जीवन में ऐसी बहुत-सी समस्याएँ आती हैं जिन्हें रसायन-विज्ञान का साधारण प्राथमिक ज्ञान रहने से हम आसानी से समझ सकते और हल कर सकते हैं । किसी-किसी जगह के पानी से कपड़ा ठीक से साफ नहीं होता या दाल नहीं पकती है, यह तो हम आये दिन देखते हैं । क्यों ऐसा होता है और इसे कैसे ठीक किया जा सकता है ? रसायन-विज्ञान का साधारण ज्ञान हमें यह बता देता है । लोहे की चीजों में जग लगता है—क्यों ? रखे हुए पीतल के बर्तनों की चमक जाती रहती है—क्यों ? फूँकने से सुलगती हुई लकड़ी तेजी से जलने लगती है—क्यों ?

हमारे रोज के जीवन में इस प्रकार के असंख्य प्रश्न उठते हैं, जिनके विषय में जानकारी रहने से हमें तरह-तरह की सुविधाएँ होती हैं । साथ ही रसायन-विज्ञान का ज्ञान हमें अपने चारों ओर की चीजों की बनावट, उनमें होनेवाले परिवर्तन और एक दूसरे पर होनेवाली क्रिया-प्रतिक्रिया के अवधान में समझा देता है जो हमारे दैनिक जीवन में काफी लाभदायक सिद्ध होती हैं ।

रासायनिक परिवर्तन के साथ-साथ भौतिक परिवर्तन भी अवश्य ही होता है । इसलिए रसायन और भौतिक-विज्ञान एक दूसरे से संबंधित हैं । साथ ही, ये दोनों जीव-विज्ञान के साथ भी घनिष्ठ रूप से संबंधित हैं ।

अध्ययन की सुविधा के लिए रसायन-विज्ञान को छह मुख्य शाखाओं में विभक्त किया गया है। ये छह शाखाएँ हैं :—

१. अकार्बनिक रसायन (Inorganic Chemistry)
२. कार्बनिक रसायन (Organic Chemistry)
३. जीव रसायन (Bio-Chemistry)
४. भौतिक रसायन (Physical Chemistry)
५. वैश्लेषिक रसायन (Analytical Chemistry)
६. औद्योगिक रसायन (Industrial Chemistry)

प्रत्येक शाखा को भी कई उपशाखाओं में बाँटा गया है।

इस समय हम केवल अकार्बनिक तथा कार्बनिक रसायन का प्रारंभिक अध्ययन करेंगे। अकार्बनिक रसायनों में कार्बन के यौगिकों को छोड़कर विभिन्न तत्वों तथा उनके यौगिकों के गुण तथा रचना और खनिज पदार्थों का अध्ययन किया जाता है। कार्बन के बहुत-से यौगिक, जीवों में अर्थात् प्राणियों तथा वनस्पतियों में पाये जाते हैं।

मानव-समाज की उन्नति में रसायन-विज्ञान तथा उसके उपयोग का बहुत बड़ा हाथ है। रसायन-विज्ञान के उपयोग ने मानव-समाज के रहन-सहन तथा जीवन-यात्रा को बिल्कुल बदल दिया है। उद्योग तथा कला-कौशल में रसायन-विज्ञान के नये-नये आविष्कार कितने ही क्रांतिकारी परिवर्तन ले आये हैं। धातु-शिल्प में नये-नये आविष्कार से कितने ही उपयोगी मिश्र धातु (alloy) बन चुके हैं, जिनकी संख्या पाँच हजार से भी अधिक है। इनमें से लगभग एक सौ ऐसे हैं जो प्रतिदिन हमारे काम में आते हैं। कागज, रोशनाई, काँच, चीनी-मिट्टी, रंग, प्लास्टिक, कृत्रिम रेशम, सीमेंट, चीनी, मेक्रिन, पेट्रोल, स्पिरिट, दवा आदि हमारे जीवन में हमेशा काम आनेवाली अधिकांश चीजें रसायन-विज्ञान की ही देन हैं।



## तत्त्व, यौगिक, परमाणु, अणु

रसायन-विज्ञान में हमें द्रव्य के संबंध में अध्ययन करना पड़ता है। हम पहले ही देख चुके हैं कि द्रव्य के साथ हमारा परिचय ज्ञानेंद्रियों द्वारा होता है। साथ ही, हम यह भी देख चुके हैं कि किसी विशेष प्रकार के द्रव्य को पदार्थ कहते हैं।

दुनिया में लाखों प्रकार के पदार्थ हैं, इनमें से थोड़े-से पदार्थ ऐसे हैं जिन्हें हम बुनियादी पदार्थ कह सकते हैं और बाकी सभी एकाधिक बुनियादी पदार्थों के संयोग से बने हैं। इस प्रकार रसायन-विज्ञान के दृष्टिकोण से पदार्थ दो प्रकार के होते हैं :—

१. बुनियादी पदार्थ, जिन्हें तत्त्व (element) कहते हैं—ऐसे पदार्थ हैं जो एक ही प्रकार के गुणवाले एक ही पदार्थ से बनते हैं। तत्त्व को रासायनिक या अन्य किसी उपायो से तोड़कर एकाधिक भिन्न गुणवाले पदार्थों में विभाजित नहीं किया जा सकता है। उदाहरण के लिए लोहा एक तत्त्व है। लोहे को कितने ही क्षुद्र कणों में क्यों न विभाजित किया जाए उसका प्रत्येक कण लोहा ही रहता है और उसमें लोहे के सभी गुण मौजूद रहते हैं। अब तक कुल मिलाकर १०४ प्रकार के तत्त्वों का आविष्कार हुआ है। अध्ययन की सुविधा के लिए प्रत्येक तत्त्व का एक रासायनिक संकेत (symbol), साधारणतः उनके लैटिन नाम के प्रथम अक्षर, या प्रथम दो अक्षर, या दो मुख्य अक्षरों को लेकर, बनाए गए हैं।

प्रकृति में ९२ प्रकार के तत्त्व मिलते हैं। अधिकांश क्षेत्र में ये दूसरे तत्त्वों के साथ मिले हुए होते हैं। बाकी तत्त्व कृत्रिम उपायों से बनाए गए हैं।

२. एकाधिक तत्त्वों के संयोग से बने हुए पदार्थ या यौगिक पदार्थ (compounds)—दो या दो से अधिक तत्त्वों के एक विशेष परिमाण में मिलने से जो पदार्थ बनते हैं और जिनके गुण इन तत्त्वों से भिन्न होते हैं;

उन्हे यौगिक पदार्थ कहते हैं। यौगिक पदार्थों को रासायनिक या अन्य उपायों से तोड़ने से अतः में उस पदार्थ से भिन्न गुणवाले तत्वों के छोटे-छोटे कण निकल आते हैं और उस पदार्थ के अस्तित्व का ही अंत हो जाता है। उदाहरण के लिए, लोहे को हवा में रख देने से उसमें जग लग जाता है। लोहा-तत्व के साथ ऑक्सीजन-तत्व के मिलने से जग बनता है। लेकिन जंग के गुण लोहा तथा ऑक्सीजन के गुण से भिन्न होते हैं। यद्यपि लोहा और ऑक्सीजन एक निश्चित परिमाण में मिलकर जग बनाते हैं, फिर भी जंग न लोहा है और न ऑक्सीजन। यह एक नया पदार्थ है। लेकिन, इसके अपघटन से अतः में फिर से लोहा और ऑक्सीजन रह जाता है। इसलिए जंग एक यौगिक है।

### पदार्थ की बनावट

परमाणु—ईंट-पर-ईंट सजाकर मकान बनता है। उसी प्रकार असंख्य छोटे-छोटे कणों से मिलकर पदार्थ बनते हैं। हजारों साल पहले भारतीय ऋषि कणाद ने कहा था कि दुनिया के प्रत्येक पदार्थ अदर्शनीय तथा अविभाज्य कणों से बने हैं। ईसा-पूर्व चतुर्थ शताब्दी में कुछ ग्रीक-दार्शनिकों ने भी इस प्रकार के सिद्धांत का प्रतिपादन किया था। उन्होंने इन कणों का नाम एटम (atom) अर्थात् 'अविभाज्य' दिया था। आज यह सिद्धांत सर्वमान्य हो गया है और उन्हीं के अनुसार आज भी इन कणों को एटम (atom) या परमाणु कहते हैं।

लोहे के एक टुकड़े को अगर तोड़ते चले जाय तो अंत में एक बहुत ही छोटा अदर्शनीय कण रह जायेगा, जिसे फिर तोड़ा नहीं जा सकता (यह सही है कि पदार्थ को इतने छोटे कणों में तोड़ने के लिए प्रयोगशाला में विशेष प्रकार के साधनों की आवश्यकता होती है तथा सुयोग्य वैज्ञानिक ही यह काम कर सकते हैं), यह कण लोहे का परमाणु है और लोहा इस प्रकार के असंख्य परमाणुओं से बनता है। इसलिए परमाणु को पदार्थ बनाने की ईंट कहा जा सकता है। परमाणु कितना छोटा है इसका अंदाजा इस बात से लगाया जा सकता है कि एक साधारण दियासलाई के बक्से में करोड़ों-करोड़ परमाणु भँटाए जा सकते हैं। कलम की नोक से बने हुए एक बिंदु में जितने परमाणु भँटाए जा सकते हैं उनकी संख्या दुनिया की जनसंख्या से अधिक होगी।

इस प्रकार दुनिया को बनानेवाले सभी दुनियादी पदार्थों के क्षुद्रतम कण को परमाणु कहते हैं। दुनियादी पदार्थ या तत्त्व का रासायनिक संकेत न केवल उस पदार्थ का नाम बताता है, बल्कि साथ ही वह उस पदार्थ की एक निश्चित मात्रा अर्थात् एक परमाणु भी बताता है। उदाहरण के लिए, लोहे का रासायनिक संकेत  $Fe$  है। इसलिए केवल  $Fe$  लिखने से लोहा तथा उसका एक परमाणु समझा जाएगा। लोहा तथा उसके दो परमाणु समझने के लिए  $Fe_2$  लिखना पड़ेगा।

### परमाणु की बनावट

यह सही है कि परमाणु दुनियादी पदार्थ का क्षुद्रतम कण है। पर यह बात तब तक सत्य है जब तक वह पदार्थ, वही पदार्थ रहता है ; क्योंकि परमाणु को भी तोड़ा जा सकता है। लेकिन परमाणु को तोड़ने पर वह पदार्थ, वही पदार्थ नहीं रह जाता। इस प्रकार यह कहा जा सकता है कि परमाणु पदार्थ का क्षुद्रतम कण है ; पर सभी सृष्टि का नहीं।

प्रत्येक परमाणु तीन प्रकार के क्षुद्रतम कणों से बनते हैं। इन्हें प्रोटॉन (Proton), न्यूट्रॉन (Neutron) तथा इलेक्ट्रॉन (Electron) कहते हैं। एक लोहे के परमाणु को तोड़ा जाए तो फिर वह लोहा न रहकर प्रोटॉनो, न्यूट्रॉनो और इलेक्ट्रॉनो में विभक्त हो जाएगा। ये प्रोटॉन, न्यूट्रॉन और इलेक्ट्रॉन रासायनिक पदार्थ नहीं हैं अर्थात् रासायनिक क्रिया में इनके गुण, बनावट आदि में परिवर्तन नहीं लाया जा सकता।

प्रोटॉन, न्यूट्रॉन तथा इलेक्ट्रॉन सभी पदार्थों के परमाणुओं में विद्यमान रहते हैं और इनके विभिन्न प्रकार के संयोग से विभिन्न प्रकार के पदार्थों के परमाणु बनते हैं। आक्सीजन का एक परमाणु ८ प्रोटॉन, ८ न्यूट्रॉन और ८ इलेक्ट्रॉन के संयोग से बनता है। सोडियम के एक परमाणु में ११ प्रोटॉन, १२ न्यूट्रॉन तथा ११ इलेक्ट्रॉन ; कार्बन के एक परमाणु में ६ प्रोटॉन, ६ न्यूट्रॉन और ६ इलेक्ट्रॉन होते हैं।

इलेक्ट्रॉन में एक ऋण-विद्युत्-आवेश होता है और तीनों में यह क्षुद्रतम और सबसे हलका होता है। प्रोटॉन में एक धन-विद्युत्-आवेश होता है और यह इलेक्ट्रॉन से १८४० गुना भारी होता है। न्यूट्रॉन में कोई विद्युत्-आवेश नहीं होता और यह भी इलेक्ट्रॉन से १८४० गुना भारी होता है।



[ विद्युत् आवेश तथा धन और ऋण-विद्युत् के संबंध में हम आगे चल कर अध्ययन करेंगे । यहाँ पर हम इतना जान लें कि धन तथा ऋण-विद्युत् एक दूसरे से विपरीत होने के कारण एक दूसरे को निष्प्रभाव बना देती हैं । ]

परमाणु में प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन से बना हुआ एक नाभिक या न्यूक्लियस (nucleus) होता है । इसमें धन-विद्युताविष्ट प्रोटॉन होने के कारण नाभिक धन विद्युताविष्ट होता है । नाभिक में प्रोटॉन और न्यूट्रॉन एक दूसरे से सटे हुए होते हैं और परमाणु का लगभग संपूर्ण द्रव्यमान इसके नाभिक में सकेन्द्रित रहता है । इलेक्ट्रॉन इस नाभिक के चारों ओर बहुत ही तेजी से चक्कर लगाते रहते हैं । एक सेकंड में इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर लाखों-करोड़ों चक्कर लगाता है और इसके चलते इलेक्ट्रॉन परमाणु पर एक आवरण-सा बनाता है । जैसे तेजी से चलते हुए विजली के पंखे की पखियाँ उसके नीचे एक चक्का-सा बना डालती है उसी प्रकार बहुत ही तेजी से चक्कर लगानेवाले इलेक्ट्रॉन परमाणु के ऊपर आवरण जैसा बन जाता है ।

प्रत्येक परमाणु में प्रोटॉनों तथा इलेक्ट्रॉनों की संख्याएँ समान होती है । इसलिए सामान्य परमाणु में कोई अतिरिक्त विद्युतावेश नहीं होता । क्योंकि समसंख्यक प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन के क्रमशः धन और ऋण-विद्युतावेश एक दूसरे को निष्प्रभाव बना देते हैं और परमाणु में कोई अतिरिक्त विद्युतावेश रह नहीं जाता है ।

प्रत्येक परमाणु की विशेषता उसके केंद्रक में प्रोटॉन की संख्या है । इस संख्या को परमाणु-क्रमांक (atomic number) कहते हैं । चूँकि प्रत्येक प्रकार के परमाणु में प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन की संख्या समान होती है इसलिए परमाणु के परमाणु-क्रमांक से उसमें प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन की संख्या मालूम हो जाती है ; लेकिन इससे न्यूट्रॉन की संख्या मालूम नहीं होती । उदाहरण के लिए, सोडियम का परमाणु-क्रमांक ११ है और इसके परमाणु में ११ प्रोटॉन और ११ इलेक्ट्रॉन हैं ; लेकिन इसमें न्यूट्रॉन की संख्या १२ है । उसी प्रकार क्लोरिन में, जिसका परमाणु-क्रमांक १७ है, यह संख्या क्रमशः १७, १७ और १८ है । साथ ही आक्सीजन में, जिसका परमाणु-क्रमांक ८ है, यह संख्या क्रमशः ८, ८ और ८ है ।

एक ही परमाणु-क्रमांक के प्रत्येक परमाणु में प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन की संख्या हमेशा एक रहती है ; लेकिन उनमें न्यूट्रॉन की संख्या में हेर-फेर हो

सकता है। एक ही परमाणु-क्रमांक वाले परमाणुओं में भिन्न-भिन्न संख्या में न्यूट्रॉन होने पर उन परमाणुओं को परस्पर के समस्थानिक (isotope) कहा जाता है।

प्रकृति में पाए जानेवाले तत्त्वों में युरेनियम में सबसे अधिक संख्या में प्रोटॉन होते हैं। इसमें प्रोटॉन की संख्या ९२ है। इसलिए परमाणु-क्रमांक भी ९२ है।

प्रकृति में ९२ प्रकार के तत्त्व मिलते हैं। लेकिन इनमें थोड़े ही ऐसे हैं जो साधारणतः मिलते हैं और वे महत्वपूर्ण हैं। भू-पृष्ठ (earth crust) की बनावट में वजन के हिसाब से विभिन्न तत्त्वों का परिमाण (फ़ेसमैन के हिसाब के अनुसार) निम्नलिखित है—

ऑक्सीजन	४९.१३	प्रतिशत
सिलिकन	२६.००	"
अल्युमीनियम	७.४५	"
लोहा	४.२०	"
कैल्सियम	३.२५	"
सोडियम	२.४०	"
पोटैशियम	२.३५	"
मैगनेसियम	२.३५	"
हाइड्रोजन	१.००	"
अन्यान्य	१.८७	"

मनुष्य तथा अन्य जीवों के शरीर में ऑक्सीजन, कार्बन, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन, गंधक, फॉस्फोरस, पोटैशियम, कैल्सियम, सोडियम, मैगनेसियम, लोहा, आयोडिन आदि तत्त्व मिलते हैं।

तत्त्व दो प्रकार के होते हैं—धातु तथा अधातु। प्रकृति में तत्त्व ठोस, द्रव तथा गैसीय, तीनों अवस्थाओं में मिलते हैं। कुछ साधारण तत्त्वों के नाम, उनके परमाणु-क्रमांक, रासायनिक संकेत तथा साधारण तापक्रम पर अवस्था की सूची इस प्रकार है—

## धातु

परमाणु- क्रमांक	नाम	रासायनिक संकेत	साधारण तापमान पर अवस्था
११	सोडियम (Sodium)	Na	ठोस
१२	मैग्नेसियम (Magnesium)	Mg	"
१३	अल्युमीनियम (Aluminium)	Al	"
१९	पोटैसियम (Potassium)	K	"
२४	क्रोमियम (Chromium)	Cr	"
२५	मैगनीज (Manganese)	Mn	"
२६	लोहा (Iron)	Fe	"
२७	कोबाल्ट (Cobalt)	Co	"
२८	निकेल (Nickel)	Ni	"
२९	ताँबा (Copper)	Cu	"
३०	जस्ता (Zink)	Zn	"
३३	आर्सेनिक (Arsenic)	As	"
४७	चाँदी (Silver)	Ag	"
५०	टिन (Tin)	Sn	"
५१	एंटीमॉनी (Antimony)	Sb	"
७८	प्लैटिनम (Platinum)	Pt	"
७९	सोना (Gold)	Au	"
८०	पारा (Mercury)	Hg	द्रव
८२	सीसा (Lead)	Pb	ठोस

## अधातु

१	हाइड्रोजन (Hydrogen)	H	गैसीय
५	बोरन (Boron)	B	ठोस
६	कार्बन (Carbon)	C	"
७	नाइट्रोजन (Nitrogen)	N	गैसीय
८	आक्सीजन (Oxygen)	O	"
९	फ्लोरिन (Fluorine)	F	"

१४	सिलिकन (Silicon)	Si	ठोस
१५	फास्फोरस (Phosphorus)	P	"
१६	गंधक (Sulphur)	S	"
१७	क्लोरीन (Chlorine)	Cl	गैसीय
३५	ब्रोमीन (Bromine)	Br	द्रव
५३	आयोडीन (Iodine)	I	ठोस

### अणु ( Molecule )

पानी के लाखों-करोड़ (  $\frac{1}{2} \times 6 \times 10^{23}$  कण ) क्षुद्र कण मिलकर एक घन से० मी० पानी बनाते हैं । एक घन से० मी० पानी या किसी भी मात्रा के पानी के सभी गुण पानी के क्षुद्रतम कण में वर्तमान रहते हैं । लेकिन पानी के ये क्षुद्रतम कण दो प्रकार के भिन्न-भिन्न गुणवाले पदार्थों के परमाणुओं के एक निश्चित परिमाण में मिलने से बनते हैं । हाइड्रोजन के दो परमाणु तथा आक्सीजन के एक परमाणु मिलकर पानी (  $H_2O$  ) बनाते हैं । हाइड्रोजन H और आक्सीजन O दोनों के गुण पानी से भिन्न-भिन्न हैं । दोनों साधारण तापमान पर गैसीय अवस्था में मिलते हैं, जबकि पानी द्रव-अवस्था में । इस प्रकार पानी  $H_2O$  एक यौगिक पदार्थ है । पानी के क्षुद्रतम कण को, जिसमें पानी के गुण मौजूद रहते हैं ( अर्थात् जो पानी ही बना रहता है ), पानी का अणु ( molecule ) कहते हैं । इस प्रकार पानी का स्वतंत्र अस्तित्व उसके अणु तक बना रहता है ।

अणु पदार्थ का क्षुद्रतम कण है जो मुक्तावस्था में रह सकता है और पदार्थ के संपूर्ण रासायनिक गुणों को बनाये रखता है । तत्त्व के अणु में एक ही प्रकार के परमाणु होते हैं लेकिन यौगिक पदार्थों के अणु में एक से अधिक प्रकार के परमाणु रहते हैं । लोहे या ताँबे के एक अणु में बहुत-से, लेकिन एक ही प्रकार के, परमाणु एक साथ मिले हुए होते हैं । उसी प्रकार आक्सीजन तथा हाइड्रोजन के एक अणु में दो-दो एक ही प्रकार के परमाणु होते हैं । नीयन ( neon ) के एक अणु में उसका एक ही परमाणु होता है । ये सब तत्त्व हैं ।

लेकिन पानी के एक अणु में दो हाइड्रोजन के और एक आक्सीजन के परमाणु होते हैं । कार्बन-डाइ-आक्साइड के अणु में एक कार्बन तथा दो आक्सीजन के

परमाणु और नमक ( Sodium chloride ) में सोडियम का एक परमाणु तथा क्लोरीन का एक परमाणु होता है। अतः ये सब यौगिक पदार्थ हैं।

एकाधिक तत्त्वों के निश्चित परिमाण में मिलने से ही कोई यौगिक बनता है और उस समय ऊष्मा या अन्य किसी प्रकार की ऊर्जा या तो ग्रहण की जाती है या उत्पन्न होती है। अर्थात् यौगिक बनते समय या तो ऊष्मा का अवशोषण या उत्सर्जन होता है।

परमाणु उतने ही प्रकार के हैं जितने प्रकार के तत्त्व हैं। अर्थात् १०४ प्रकार के हैं। दुनिया के सभी पदार्थ इन १०४ प्रकार के परमाणुओं में से किसी एक से या एक से अधिक के संयोग में बने हुए हैं। संक्षेप में कहा जा सकता है कि तत्त्व १०४ प्रकार, परमाणु १०४ प्रकार तथा अणु और यौगिक पदार्थ असंख्य प्रकार के होते हैं।

### रासायनिक सूत्र ( Chemical Formula )

जिन पदार्थों के अणु में एक से अधिक परमाणु होते हैं उन्हें बताने के लिए उन परमाणुओं का रासायनिक संकेत एक के बाद एक लिखा जाता है। अगर उस अणु में किसी एक ही प्रकार के परमाणु एक से अधिक हो तो उस परमाणु के रासायनिक संकेत के बाद छोटे अक्षर में उसकी संख्या लिख दी जाती है। इस प्रकार रासायनिक सूत्र से पदार्थ के नाम के साथ-साथ उसके एक अणु में किस प्रकार के कितने-कितने परमाणु हैं, मालूम हो जाता है। उदाहरण के लिए, केवल O से आक्सीजन तत्त्व के एक अणु, केवल H से हाइड्रोजन तत्त्व और उसके एक अणु, Ne से नीयन तथा उसके एक अणु का बोध होता है। उसी प्रकार  $H_2O$  से पानी और उसके एक अणु,  $NaCl$ , से साधारण नमक और उसके एक अणु,  $CO_2$  से कार्बन-डाइ-आक्साइड और उसके एक अणु तथा  $H_2SO_4$  से गंधकाम्ल तथा उसके एक अणु का बोध होता है।

## मिश्रण

अगर दो या दो से अधिक पदार्थों को एक साथ मिलाया जाए तो या तो भिन्न प्रकार के गुणवाला नया पदार्थ बनेगा, जिसे रासायनिक यौगिक पदार्थ कहा जाएगा या मिलनेवाले पदार्थ साथ-साथ बने रहेंगे और अपने-अपने गुणों को बनाए रखेंगे, इसे यांत्रिक मिश्रण ( physical or mechanical mixture ) कहा जाएगा ।

यांत्रिक मिश्रण एकाधिक पदार्थों को केवल मिला देने से ही बन जाता है । ये एकाधिक पदार्थ तत्त्व हो सकते हैं, यौगिक हो सकते हैं या एक तत्त्व और दूसरा यौगिक हो सकता है । इसमें सभी घटक पदार्थों के अस्तित्व बने रहते हैं और उनके गुणों की समष्टि ही बनी हुई वस्तु के गुण बन जाती है । इसलिए मिश्रण से आसानी से घटक पदार्थों को अलग किया जा सकता है ।

मिश्रण में घटक पदार्थों का कोई निश्चित परिमाण नहीं होता है । लौह-चूर्ण के साथ गंधक-चूर्ण किसी भी परिमाण में मिलाया जा सकता है । यह एक यांत्रिक मिश्रण है । दोनों को मिलाते समय न ऊष्मा ही उत्पन्न होती है और न ऊष्मा का शोषण ही होता है । मिला देने के बाद लोहा और गंधक अपने-अपने गुणों को बनाए रखते हैं और उस मिश्रण में कोई भिन्न गुण नहीं उत्पन्न होता है । अगर इस मिश्रण को एक कागज पर बिछा दिया जाए और उसपर एक चुम्बक को धीरे-धीरे आगे-पीछे किया जाए तो लौह-चूर्ण अलग होकर चुम्बक में चिपक जाएगा और कागज पर केवल गंधक बच जाएगा ।

साथ ही, अगर इस मिश्रण को परखनली में लेकर उसमें कार्बन-डाइ-सल्फाइड डालकर हिलाया जाए तो गंधक कार्बन-डाइ-सल्फाइड में घुल जाएगा और लोहा बचा रहेगा ।

उसी प्रकार अगर इस मिश्रण को गंधकाम्ल में डाला जाए तो अम्ल में लोहा घुल जाएगा और हाइड्रोजन गैस निकलेगी, लेकिन गंधक ज्यो-का-त्यो बना रहेगा ।

इन सभी प्रयोगों में मिश्रण से अलग की गई वस्तुओं के गुणों में कोई परिवर्तन नहीं होगा ।

लेकिन अगर वजन से पाँच भाग लौह-चूर्ण और तीन भाग गंधक-चूर्ण को एक परखनली में डालकर खूब गर्म किया जाए तो दोनों मिलकर एक काले रंग का पिंड बन जाएगा । यह एक नया पदार्थ होगा । यह एक यौगिक पदार्थ—आयरन सल्फाइड है । इसपर न तो चुम्बक का कोई असर होगा और न इसमें का गंधक कार्बन-डाइ-सल्फाइड में घुलेगा और न लोहा ही गंधकाम्ल में गलकर अलग हो जाएगा । आयरन सल्फाइड पर गंधकाम्ल की क्रिया से एक बदबूदार गैस निकलेगी ।

लौह-चूर्ण और गंधक-चूर्ण मिलाने से ऊष्मा न उत्सर्जित होती है और न शोषित होती है, लेकिन आयरन-सल्फाइड बनते समय ऊष्मा उत्सर्जित होती है ।

मिश्रण विषमांग ( heterogeneous ) तथा कुछ क्षेत्र में समांग होते हैं । लौह-चूर्ण और गंधक-चूर्ण कितने ही घासीक क्यों न हो, उन्हें कितने ही अच्छे तरीके से क्यों न मिलाया गया हो ; मिश्रण को सूक्ष्मदर्शी यंत्र से देखने पर दोनों घटक अलग-अलग दिखाई पड़ेंगे और साथ ही इस मिश्रण के विभिन्न भागों में लौह-चूर्ण तथा गंधक-चूर्ण का सापेक्ष परिमाण एक-सा न होगा । ऐसे मिश्रण को, जिसमें घटक पदार्थ एक दूसरे से घुलमिल नहीं जाते हैं अर्थात् अलग-अलग देखे जा सकते हैं और जिसके समस्त भाग में घटकों का सापेक्ष परिमाण एक-सा नहीं होता है, विषमांग कहते हैं ।

लेकिन कुछ मिश्रण समांग भी होते हैं । अर्थात् इनमें घटक पदार्थ घुल-मिल जाते हैं और समस्त भाग में घटकों के परिमाण समान होते हैं । पानी और चीनी का मिश्रण इस प्रकार का मिश्रण है । उसी प्रकार पानी और नमक का मिश्रण भी समांग मिश्रण है । एक ग्लास पानी और चीनी का मिश्रण या पानी और नमक के मिश्रण के सभी अंश बराबर मीठे या नमकीन होते हैं । अर्थात् पूरे मिश्रण में पानी और चीनी या पानी और नमक का आपेक्षिक परिमाण समान होता है ।

### विलयन (Solution)

द्रव में किसी पदार्थ को घुलाकर जो मिश्रण बनता है उसे विलयन कहते हैं । पानी में चीनी या नमक घोल देने से चीनी या नमक घुलकर

अदृश्य हो जाते हैं। पानी के साथ चीनी या नमक का यह घोल मिश्रण है। क्योंकि पानी के साथ चीनी या नमक घुल जाने के बाद भी पानी, चीनी या नमक के गुणों में कोई अंतर नहीं आया। मिश्रण का गुण—दोनों के, अर्थात् पानी और चीनी या पानी और नमक के, गुणों की समष्टि, मीठा पानी या नमकीन पानी, हो गया। ऐसे मिश्रण में घुलने वाले पदार्थों को विलेय (solute) और घुलाने वाले पदार्थों को विलायक (solvent) कहते हैं। चीनी या नमक विलेय तथा पानी विलायक है। विलेय और विलायक का घोल विलयन है।

प्रत्येक विलेय एक ही प्रकार के विलायक में नहीं घुलता है। पानी में नमक, चीनी आदि घुलते हैं; लेकिन इसमें रवड़, लोहा आदि नहीं घुलते। पानी में अल्कोहल घुल जाता है पर तेल नहीं। ईथर में रवड़, तेल, चर्वी, मोम, वेसलीन आदि घुल जाते हैं। ये सब चीजे बेजीन (benzene) में भी घुलती हैं। बेजीन में रवड़ गलाकर रवड़ का विलयन बनाया जाता है; जिससे साइकिल के ट्यूब, फुटबॉल के ब्लाडर आदि के छेद मरम्मत किये जाते हैं। अल्कोहल (alcohol) में आयडीन, कपूर, लाख आदि गलते हैं। एक औंस अल्कोहल में १० ग्रैन आयडीन और १० ग्रैन पोटैशियम आयोडाइड मिलाकर टिचर आयडीन बनता है। शरीर के किसी भाग में कट जाने पर टिचर आयडीन लगाया जाता है। अल्कोहल में लाख गलाकर लकड़ी पर लगाने वाला पालिश बनता है।

### संतृप्त विलयन (Saturated solution)

निर्दिष्ट परिमाण के विलायक में एक निर्दिष्ट परिमाण का विलेय ही घुल सकता है। अगर विलायक में विलेय का परिमाण अधिक हो जाय तो परिमाण से अधिक विलेय नहीं घुलकर पड़ा रह जाता है।

जिस विलयन के विलायक में निर्दिष्ट परिमाण विलेय घुल चुका है और जिसमें और अधिक विलेय नहीं घुल सकता उसे संतृप्त विलयन कहते हैं।

विलायक का तापमान बढ़ाकर उसमें अधिकतर परिमाण में विलायक घुलाया जा सकता है। लेकिन ऐसे विलयन के तापमान घटाने से निर्दिष्ट परिमाण से अधिक विलेय दाने के रूप में फिर से दिखाई देने लगते हैं।



**प्रयोग**—एक ग्लास पानी में जितना नमक घुल सके, मिलाइए। इसमें अब और नमक डालने से नहीं घुलेगा। यह साधारण तापमान पर नमक-पानी का संतृप्त विलयन है। इसमें और थोड़ा नमक डालकर गरम कीजिए। देखियेगा कि अब यह नमक भी पानी में घुल गया है। यह अधिक तापमान पर संतृप्त विलयन है। विलयन को ठंडा होने के लिए छोड़ दीजिए। ठंडा होने पर देखियेगा कि विलयन के नीचे नमक के दाने जम गए हैं।

विभिन्न प्रकार के पदार्थों से विभिन्न मिश्रण बन सकते हैं—

१. तत्त्व से तत्त्व का मिश्रण—जैसे लोहा Fe तथा गंधक S का मिश्रण।
२. यौगिक और यौगिक का मिश्रण—जैसे पानी  $H_2O$  तथा नमक NaCl का मिश्रण।
३. तत्त्व और यौगिक का मिश्रण—जैसे लोहा Fe और नमक NaCl का मिश्रण।

लेकिन मिश्रण का कोई रासायनिक सूत्र नहीं होता है।

विभिन्न अवस्थाओं के पदार्थों से मिश्रण बन सकते हैं —

१. ठोस और ठोस का मिश्रण—जैसे चीनी और बालू का मिश्रण।
२. द्रव और द्रव का मिश्रण—जैसे दूध और पानी का मिश्रण।
३. गैस और गैस का मिश्रण—जैसे आक्सीजन, नाइट्रोजन, कार्बन-डाइ-ऑक्साइड आदि का मिश्रण (वायु)।
४. द्रव और ठोस का मिश्रण—पानी और नमक का मिश्रण।
५. द्रव और गैस का मिश्रण—जैसे पानी और कार्बन-डाइ-ऑक्साइड का मिश्रण (सोडावाटर)।

तत्त्व, यौगिक और मिश्रण में अंतर

तत्त्व	यौगिक	मिश्रण
एक ही बुनियादी पदार्थ में बनता है। अणु में केवल एक ही प्रकार के परमाणु होते हैं।	एकाधिक बुनियादी पदार्थों से बनता है। अणु में एक से अधिक प्रकार के परमाणु होते हैं।	एकाधिक पदार्थों को मिलाने से बनता है। एक से अधिक प्रकार के अणु अलग-अलग रहते हैं।

तत्त्व	यौगिक	मिश्रण
<p>अणुओं को रासा- यनिक या अन्य उपायो से अलग-अलग करके एकाधिक भिन्न-भिन्न गुण वाले अंशों में विभाजित नहीं किया जा सकता है ।</p>	<p>अणुओं को विघ- टित करके भिन्न-भिन्न गुणवाले एकाधिक अंशों में अर्थात् परमाणुओं में विभाजित किया जा सकता है ।</p>	
<p>एकाधिक पदार्थों को मिलाकर नहीं बनाया जा सकता है ।</p>	<p>एकाधिक बुनियादी पदार्थों को मिलाकर ही बनाया जा सकता है ।</p>	<p>एकाधिक पदार्थों को मिलाकर बनाया जा सकता है ।</p>
	<p>समस्त घटक पदार्थ मिलकर एक हो जाते हैं और घटकों के स्वतंत्र अस्तित्व का लोप हो जाता है ।</p>	<p>समस्त घटक मिल- कर एक नहीं होते वल्कि सभी घटक साथ-साथ बने रहते हैं ।</p>
<p>गुण, घटकों के गुणों से भिन्न होते हैं ।</p>	<p>गुण, घटकों के गुणों से भिन्न होते हैं ।</p>	<p>गुण, घटकों के गुणों की समष्टि होता है ।</p>
<p>घटकों को आसानी से अलग नहीं किया जा सकता है ।</p>	<p>घटकों को आसानी से अलग नहीं किया जा सकता है ।</p>	<p>घटकों को अपेक्षा- कृत सरलता से अलग किया जा सकता है ।</p>
<p>घटकों का सापेक्ष परिमाण निर्दिष्ट होता है ।</p>	<p>घटकों का सापेक्ष परिमाण निर्दिष्ट होता है ।</p>	<p>घटकों का कोई निर्दिष्ट सापेक्ष परि- माण नहीं होता है ।</p>
<p>वनते समय या तो ऋण का उत्सर्जन या अवशोषण होता है ।</p>	<p>वनते समय या तो ऋण का उत्सर्जन या अवशोषण होता है ।</p>	<p>वनते समय ऋण में कोई परिवर्तन नहीं होता है ।</p>
<p>सर्वदा समाग होता है ।</p>	<p>सर्वदा समाग होता है ।</p>	<p>समाग तथा विपमाग, दोनों हो सकते हैं ।</p>

## मिश्रित पदार्थों का पृथक्करण

साधारण प्रयोगशाला-विधि—यांत्रिक मिश्रण में मिश्रित पदार्थों को कई विधियों से अलग किया जा सकता है। मिश्रित पदार्थों के गुण, आकार, विलयशीलता आदि पर पृथक्करण की विधि निर्भर करती है। कुछ साधारण विधियाँ इस प्रकार हैं—

यांत्रिक विधि—ठोस पदार्थों के मिश्रण से, उसके घटकों को यदि उनके टुकड़े बड़े-बड़े हो तो हाथ से चुनकर अलग किया जा सकता है। साधारणतः घर में चावल से पत्थर आदि के टुकड़े इसी विधि से अलग किये जाते हैं।

बड़े और छोटे आकार के ठोस पदार्थों के मिश्रण से मिश्रित पदार्थों को चलनी से चालकर पृथक् किया जा सकता है। आटा, मैदा आदि में मिला हुआ भूसा-चोकर इसी विधि से अलग किया जाता है।

मिश्रित ठोस पदार्थ में यदि एक दूसरे से हल्का हो तो हवा में उड़ाकर उन्हें अलग किया जा सकता है। अनाज से भूसा अलग करने के लिए ऐसा किया जाता है। किसी ठोस पदार्थ के साथ अगर लौह-चूर्ण मिल जाय तो चुम्बक की सहायता से लोहे को अलग किया जा सकता है।

### प्रयोगशाला-विधि

इन यांत्रिक विधियों के अलावा कई और साधारण प्रक्रियाओं द्वारा मिश्रित पदार्थों को अलग किया जा सकता है। इनमें तलछटीकरण (Sedimentation), निथारना (Decantation), छानना (Filtration), आसवन (Distillation) ऊर्ध्वपातन (Sublimation), मणिभीकरण (Crystallisation) आदि प्रधान हैं। इनमें से कई प्रक्रियाओं का व्यवहार हम आये दिन घरेलू कामों में करते रहते हैं।

### तलछटीकरण (Sedimentation) और निथारना (Decantation)

द्रव में मिले हुए अविलेय ठोस पदार्थ को, जो उस द्रव से भारी हो, पात्र के पेंदे में बैठ जाने देने की विधि को तलछटीकरण कहते हैं।

तलछटीकरण द्वारा द्रव से ठोस पदार्थ अलग होकर बैठ जाने के बाद द्रव को पसा कर अलग करने की क्रिया को निथारना कहते हैं।

प्रयोग—वालू पानी से भारी होता है तथा पानी में नहीं घुलता है। किसी पात्र में पानी और बालू को मिला दीजिए। देखिएगा कि धीरे-धीरे बालू पात्र के पेंदे पर नीचे जमा हो रहा है। समस्त बालू जमा हो जाने पर धीरे-धीरे सावधानी से पानी को दूसरे पात्र में ढालिए। इस प्रकार बालू और पानी अलग किए जा सकते हैं। पात्र के नीचे, पेंदे पर बालू के जमा होने की क्रिया तलछटीकरण और पानी को ढालकर अलग करने की क्रिया निथारना है।

तलछटीकरण और निथारना प्रयोगशाला की सबसे सरल क्रिया है। लेकिन मिश्रित ठोस और द्रव पदार्थों को अलग करने का बहुत अच्छा उपाय नहीं है। क्योंकि इस प्रक्रिया से अलग करने के बाद भी द्रव पदार्थ में ठोस के बहुत-से छोटे-छोटे कण रह जा सकते हैं। मिला हुआ ठोस पदार्थ अगर द्रव से हल्का हो तो ये उपाय काम में नहीं आ सकते हैं। साथ ही, तलछटीकरण में काफी समय की आवश्यकता होती है। इसलिए अगर जल्दी से पृथक् करने की आवश्यकता हो तो इन प्रक्रियाओं से काम नहीं चलता। न घुलनेवाले ठोस पदार्थों को, चाहे वे द्रव से हल्के हो या भारी, द्रव से अलग करने की इससे अच्छी विधि छानना है।

### निस्यंदन या छानना (Filtration)

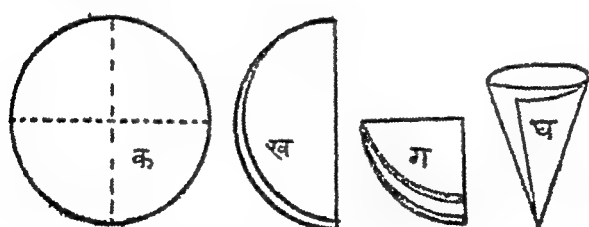
द्रव को किसी बहुत ही सूक्ष्म छिद्रवाली वस्तु के अंदर से पार कराने की प्रक्रिया को निस्यंदन या छानना कहते हैं।

आये दिन हम घरों में दूध, पानी आदि कपड़े से छानकर साफ करते हैं। पकड़े के अंदर से पार करते समय इन द्रवों में पड़े हुए अधुलनशील ठोस पदार्थ कपड़े में अटककर रह जाते हैं। लेकिन कपड़े से छानने पर भी द्रव में पड़े हुए इन ठोस पदार्थों के कुछ सूक्ष्मतर कण, जो कपड़े के छेद से भी छोटे हैं, द्रव के साथ मिले हुए रह जाते हैं। इसलिए प्रयोगशाला में छानने के लिए बहुत ही सूक्ष्म छेदवाले एक प्रकार के कागज का इस्तेमाल होता है। छानने के लिए व्यवहृत इस कागज को निस्यंदन पत्र या फिल्टर पत्र (Filter paper) कहते हैं। यह कागज, लिखने की स्याही

सुखाने के लिए जो सोछता कागज या ब्लॉटिंग पेपर (Blotting paper) इस्तेमाल किया जाता है, उससे मिलता-जुलता होता है। सोछता कागज से भी छानने का काम लिया जा सकता है। फिल्टर पत्र खाली आँखों से देखने से छिद्रयुक्त मालूम नहीं पड़ता, लेकिन वास्तव में इसमें असंख्य छोटे-छोटे छिद्र होते हैं जिनमें से होकर द्रव पदार्थ तो निकल जाता है पर ठोस पदार्थ निकल नहीं पाता।

प्रयोगशाला में आमतौर पर छानने के लिए फिल्टर पत्र को एक कीप (funnel) में बैठाया जाता है और कीप को किसी पात्र के मुँह पर या उपस्तम्भ (stand) में बैठाकर काँच के एक पतले छड़ की सहायता से मिश्रित द्रव को धीरे-धीरे कीप में डाला जाता है। कीप के नीचे रखे हुए पात्र में द्रव जमा हो जाता है और ठोस पदार्थ कीप में कागज पर रह जाता है।

कीप में बैठाने के लिए फिल्टर पत्र को शंकु के आकार में मोड़ना पड़ता है। इसके लिए गोल फिल्टर पत्र को पहले बीच से समान करके मोड़ा जाता है। पहले मोड़ के बाद फिल्टर पत्र देखने में चित्र संख्या-२१ के ख जैसा बन जाता है। अब इस मोड़े हुए फिल्टर पत्र को बीच से मोड़ कर चित्र में ग की तरह चार तह कर दिया जाता है। अब इसके नुकीले सिरे को नीचे करके कीप में बैठा दिया जाता है।



[ चित्र २१—फिल्टर पत्र मोड़ना ]

क-फिल्टर पत्र, ख-पहला मोड़, ग-दूसरा मोड़

प्रयोग—एक कीप को एक फ्लास्क के मुँह पर रखिए। कीप के अंदर एक फिल्टर पत्र को मोड़ कर बैठा दीजिए। एक ग्लास में थोड़ा पानी लेकर उसमें थोड़ा-सा बालू कीचड़ आदि मिला दीजिए। अब इस गंदे पानी को एक पतले शीशे के छड़ के सहारे धीरे-धीरे कीप में डालिए। देखिएगा कि पानी साफ

होकर नीचे के फलास्क में चू कर गिर रहा है और कीचड़, बालू आदि फिल्टर पत्र पर जमा हो रहा है।

अधिक द्रव को छानना हो तो आवश्यकतानुसार फिल्टर पत्र को बदल देना पड़ता है।

थोड़ा नमक और बालू लेकर मिला दीजिए। इस मिश्रण को एक पात्र में रखे पानी में धोलिए। अब इस धोल को फिल्टर पत्र की सहायता से छान डालिए। देखिएगा कि बालू फिल्टर पत्र पर रह गया है और नमक मिला पानी नीचे के पात्र में जमा हो गया है। अब इस पानी को आग पर गरम करके सुखा डालिए। देखिएगा कि पात्र के नीचे नमक बच गया है।

प्रायः चीनी से भरे हुए काँच का पात्र हाथ से गिरकर टूट जाता है और चीनी में काँच का चूर्ण मिल जाता है। ऐसी हालत में इस विधि से चीनी और काँच को अलग किया जा सकता है और चीनी को फिर से व्यवहार-योग्य बनाया जा सकता है।

अल्प परिमाण में द्रव पदार्थ छानने के लिए फिल्टर पत्र से काम चल जाता है। लेकिन अधिक परिमाण में द्रव पदार्थ, विशेषकर पीने का पानी, छानने के लिए इससे काम नहीं चलता। वैसे स्थानों में निस्यदक या फिल्टर से काम लिया जाता है। फिल्टर छोटे-बड़े तथा विभिन्न प्रकार के होते हैं। साधारण फिल्टर बहुत आसानी से घर में बनाया जा सकता है। जिन स्थानों में साफ पानी नहीं मिलता है वहाँ इस प्रकार के फिल्टर से पानी को साफ करके काम में लाया जा सकता है।

### साधारण घरेलू फिल्टर

साधारण घरेलू फिल्टर बनाने के लिए लकड़ी या बाँस का एक ऐसा तीन-पाया फ्रेम बनाना पड़ता है जिसमें चार घड़े—एक के थोड़ा ऊपर एक के हिसाब से—अलग-अलग बँठाये जा सकें। चार मिट्टी या पीतल के घड़े लेकर तीन की पैदियों में एक-एक छोटा-सा छेद करना पड़ता है और इन छेदों में साफ कपड़े से बनी हुई वस्ती इस प्रकार डाल देनी पड़ती है कि वस्ती नीचे के घड़े के मुँह के अंदर तक चली जाए और पानी केवल उसमें से चू-चू कर नीचे के घड़े में आ सके। बिना छेदवाले घड़े को फ्रेम के सबसे नीचे बँठाना पड़ता

है। एक घड़े में साफ बालू भरकर उसे इसके ऊपर और एक घड़े में साफ लकड़ी का कोयला भरकर उसके ऊपर बैठाना पड़ता है। सबसे ऊपर वाला घड़ा खाली रहता है और उसमें साफ करने वाला पानी भरना पड़ता है। यहां से पानी चूकर कोयले वाले घड़े में और फिर वहां से बालू वाले घड़े में होकर नीचे के घड़े में जमा होता है। कोयला और बालू के अंदर से आते समय पानी छनकर साफ हो जाता है और नीचे के घड़े में शुद्ध जल जमा हो जाता है।



छानने की क्रिया से पानी या अन्य द्रव में मिली हुई अधुलनशील ठोस वस्तु अलग हो जाती है, लेकिन इससे घुलनशील वस्तुएँ तथा बैक्टीरिया आदि अलग नहीं होते हैं। बैक्टीरिया आदि से फैलाये जानेवाले रोगों से बचने के लिए या तो पानी को उबालना पड़ता है या उसमें आवश्यक दवा मिलानी पड़ती है। साथ ही, छानने से द्रव में मिले हुए अन्य द्रव पदार्थों को भी अलग नहीं किया जा सकता।

[ चित्र २२—साधारण घरेलू फिल्टर, क—अशुद्ध पानी, ख—लकड़ी का कोयला, ग—बालू, घ—शुद्ध पानी ]

### आसवन (Distillation)

किसी भी विलयन से विलेय तथा विलायक पदार्थों को शुद्ध रूप से पाने के लिए आसवन सर्वश्रेष्ठ विधि है। विलयन के विलायक द्रव पदार्थ को गरम करके, वाष्प बनाकर, दूसरे पात्र में ले जाकर, फिर से ठंडा करके द्रव बनाने की क्रिया को आसवन कहते हैं।

द्रव पदार्थ को गैसीय अवस्था में परिणत करने की क्रिया को वाष्पन (evaporation) तथा गैसीय अवस्था से द्रव अवस्था में लाने की प्रक्रिया को द्रवण (liquefaction) या संघनन (condensation) कहा जाता है।

जब किसी विलयन को गरम किया जाता है, तब विलायक द्रव पदार्थ वाष्प बनकर उड़ने लगता है और अंत में विलेय ठोस पदार्थ नीचे पड़ा रह जाता है ।

**प्रयोग**—एक पात्र में थोड़ा-सा पानी लेकर उसमें नमक मिलाइए । नमक अच्छी तरह मिल जाने के बाद पात्र को आग पर रखकर पानी को गरम कीजिए । थोड़ी ही देर में पानी भाप बनकर उड़ जाएगा और पात्र के नीचे शुद्ध नमक पड़ा रह जाएगा ।

अगर उस द्रव को फिर से पाना है तो हमें वाष्प को उड़ने नहीं देना चाहिए । बल्कि उसे एक दूसरे पात्र में जमा करना पड़ेगा और ठंडा करके फिर से द्रव बनाना पड़ेगा । ऐसा करने पर पहले पात्र में शुद्ध विलेय और दूसरे में शुद्ध विलायक मिल जायगा ।

अतः आसवन की क्रिया में पहले विलयन के विलायक का वाष्पन और फिर उस वाष्प का द्रवण या संघनन करना पड़ता है । इसलिए आसवन के लिए विशेष प्रकार के बंद पात्र की आवश्यकता होती है ताकि वाष्प उड़कर बाहर न जा सके और साथ-साथ उसका द्रवण हो सके ।

### लैबिग्स संघनक ( Leibig's condenser )

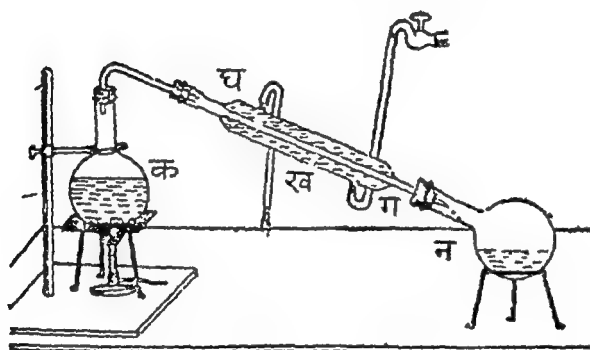
प्रयोगशाला में साधारणतः आसवन के लिए व्यवहृत उपकरण को लैबिग्स संघनक ( Leibig's condenser ) कहते हैं । इसमें शीशे की एक भीतरी नली और उसके ऊपर एक शीशे की मोटी बाहरी आवरण-नली होती है । संघनक की बाहरी आवरण-नली के दोनों सिरों के पास दो टोटियाँ होती हैं ।

आसवन के समय एक फ्लास्क में विलयन रखा जाता है और उसे एक स्टैंड में लगाकर गरम करने के लिए बैठा दिया जाता है । शीशे की मुड़ी हुई नली की सहायता से संघनक के ऊपरी सिरे को फ्लास्क से जोड़ दिया जाता है । संघनक के दूसरे सिरे को एक अन्य फ्लास्क में रख दिया जाता है । निचले सिरे की पासवाली टोटी को खड़ की नली की सहायता से पानी के नल के साथ जोड़ दिया जाता है और नल को खोलकर पानी चालू कर दिया जाता है । इस प्रकार पानी निचली टोटी से संघनक



की आवरण-नली में आ जाता है और ऊपर की टोंटी से बाहर निकल जाता है तथा सघनक की भीतरी नली के चारों ओर पानी का प्रवाह चालू हो जाता है।

अब विलयन से भरे फ्लास्क को गरम किया जाता है। गरम होकर विलायक द्रव पदार्थ वाष्प बनकर सघनक की भीतरी नली में आने लगता है। यह नली पानी के प्रवाह से ठंडी रहने के कारण वाष्प इसमें ठंडा होकर फिर से द्रव बन जाता है और नीचे के सिरे से होकर दूसरे फ्लास्क में जमा होता जाता है। अतः में समस्त द्रव पदार्थ दूसरे फ्लास्क में जमा हो जाता है और विलेय ठोस पदार्थ पहले फ्लास्क में जमा रह जाता है।

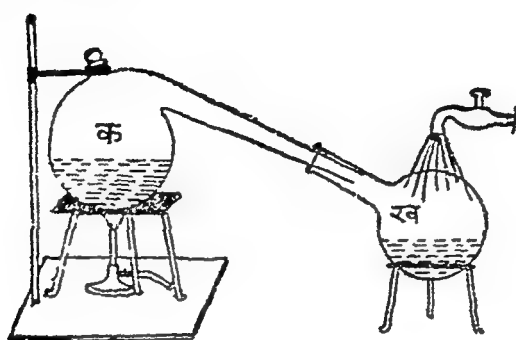


[ चित्र २३—लैबिग्स सघनक की सहायता से आसवन :  
क—विलयन से भरा फ्लास्क, ख—लैबिग्स सघनक,  
ग—पानी के नल से जुड़ी हुई टोंटी, घ—पानी निकलने  
की टोंटी, न—आसवित द्रव जमा होने का फ्लास्क । ]

काँच या धातु-निर्मित वकयंत्र—भभके—(Retort) की सहायता से भी आसवन किया जा सकता है। प्रयोगशाला में साधारणतः काँच का वकयंत्र इस्तेमाल किया जाता है।

बड़े पैमाने पर आसवन के लिए बड़े आकार का धातु-निर्मित वकयंत्र काम में लाया जाता है। आसवित पानी संपूर्ण रूप से शुद्ध होता है। इसलिए दवा आदि बनाने के लिए इसका प्रयोग होता है।

सभी द्रव पदार्थ एक ही तापमान पर गैसीय नहीं बनते हैं। इसलिए जब ऐसे कई द्रव पदार्थ मिले हुए होते हैं जो भिन्न-भिन्न तापमान पर गैसीय



[ चित्र २४—वकयंत्र की सहायता से आसवन ]

अवस्था प्राप्त करते हैं तब वैसे मिश्रण के घटको को आंशिक आसवन (Fractional distillation) द्वारा अलग किया जा सकता है। इसके लिए ऐसे उपकरण की आवश्यकता पड़ती है जिसमें तापमान को नियंत्रित किया जा सकता है।

पानी का क्वथनांक  $100^{\circ}\text{C}$  और अलकोहल का  $78^{\circ}\text{C}$  है इसलिए इन दोनों के मिश्रण को  $78^{\circ}\text{C}$  तक गरम करने से अलकोहल वाष्प बन कर पानी से अलग हो जाता है और संघनक में ठंडा हो-होकर द्रव के रूप में नीचे के फ्लास्क में जमा हो जाता है। इस प्रकार एकाधिक द्रवों के मिश्रण में से किसी एक को आसवन की सहायता से अलग करने की क्रिया को आंशिक आसवन कहते हैं।

### उर्ध्वपातन (Sublimation)

साधारणतः ठोस पदार्थों को गरम करने से वे पहले द्रव और फिर गैसीय अवस्था प्राप्त करते हैं। लेकिन कुछ ठोस पदार्थ ऐसे हैं जिन्हें गरम करने पर वे द्रव न बनकर सीधे गैस बन जाते हैं।

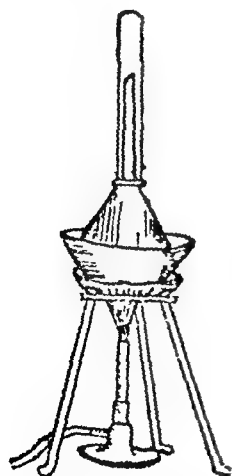
कपूर, नौसादर, नैपथलिन, आयडीन आदि इसी प्रकार के पदार्थ हैं।

यही कारण है कि हवा में रखा हुआ कपूर धीरे-धीरे गायब हो जाता है या कपड़ों में रखी हुई नैपथलिन की गोलियाँ धीरे-धीरे छोटी होती जाती हैं। ये साधारण तापमान पर ही धीरे-धीरे ठोस से सीधे वाष्प बनकर उड़ जाते हैं।

ऐसा पदार्थ यदि बालू या ऐसे किसी अन्य पदार्थ से, जो ताप से द्रवित हुए बिना गैस नहीं बनता है, मिल जाए तो उसे निम्नलिखित प्रक्रिया से अलग किया जा सकता है।

मिश्रण को एक पात्र में रखकर दूसरे पात्र से उसे ऐसे ढक दिया जाता है कि उसमें से गैस न निकल सके। पात्र को आग पर रखकर मिश्रण को धीरे-धीरे गरम किया जाता है और ढक्कन को ठंडा रखने के लिए उसपर मोटा कपड़ा गीला करके लपेट दिया जाता है। नीचे के पात्र से गैस बनकर उड़नेवाले पदार्थ ठंडे ढक्कन के संस्पर्श में आकर ठंडे होकर उसमें जमने लगते हैं और पुनः ठोस पदार्थ बन जाते हैं। इस क्रिया को उर्ध्वपातन कहा जाता है। अर्थात् ठोस पदार्थ को ताप द्वारा सीधा गैसीय बनाकर, फिर से ठंडा करके सीधे ठोस बनाने की क्रिया को उर्ध्वपातन कहते हैं।

**प्रयोग—**एक छोटी कटोरी में थोड़ा-सा नौसादर और बालू का मिश्रण लीजिए। ऊपर से एक और कटोरी से इस कटोरी को ढक दीजिए और किनारे को मिट्टी लेप कर अच्छी तरह बंद कर दीजिए। नीचे की कटोरी को धीमी आंच पर गरम कीजिए और ऊपर की कटोरी को गीले कपड़े से लपेटकर ठंडा रखिए। थोड़ी देर के बाद आंच पर से हटाकर कटोरियों को ठंडा कीजिए। ठंडा होने पर खोलने से देखिएगा कि ऊपर की कटोरी में नौसादर जमकर लगा हुआ है।



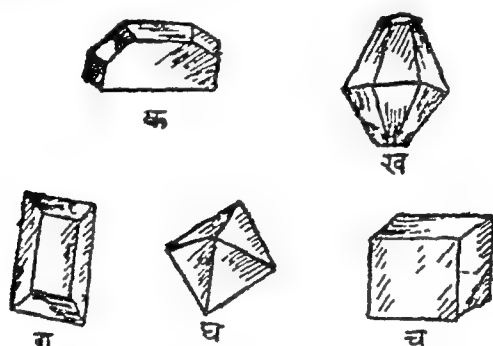
[ चित्र २५—प्रयोगशाला में उर्ध्वपातन ]

प्रयोगशाला में उर्ध्वपातन के लिए मिश्रण युक्त पात्र को एक कीप से ढँक दिया जाता है और उसके ऊपर एक परखनली उलटकर बैठा दी जाती है। गैस बनकर उड़नेवाले पदार्थ इस परखनली में ठंडे होकर जम जाते हैं। मिश्रण को गरम करने के लिए पात्र को सीधे आग पर न रखकर उसे एक बालू भरे पात्र में बैठा दिया जाता है और उस बालू-भरे पात्र को आग पर रखकर बालू को गरम किया जाता है, जिससे मिश्रण भी धीरे-धीरे गरम होने लगता है।

### क्रिस्टलीकरण (crystallisation)

ठोस पदार्थों में कुछ पदार्थ दानेदार होते हैं ! इन दानों को क्रिस्टल (crystal) कहते हैं । कुछ ठोस पदार्थ क्रिस्टलीय नहीं होते हैं । नमक, चीनी, तूतिया, फिटकिरी, गंधक आदि पदार्थ क्रिस्टलीय हैं । काँच, मैदा, प्लास्टिक, रबर आदि पदार्थ क्रिस्टलीय नहीं होते हैं ।

विभिन्न पदार्थों के क्रिस्टलों की आकृति भिन्न-भिन्न होती है । किसी एक पदार्थ के क्रिस्टल आकार में छोटे-बड़े हो सकते हैं, पर उनकी आकृति हमेशा एक-सी होती है ।



[ चित्र २६—कुछ पदार्थों के क्रिस्टल ]

क—तूतिया, ख—गंधक, ग—कपड़ा धोने का सोडा,  
घ—फिटकिरी, च—साधारण नमक

अधिक तापमान पर किसी दानेदार पदार्थ का संतृप्त विलयन बनाने के बाद, उसे ठंडा करने पर विलयन में मिला हुआ अतिरिक्त पदार्थ दाने के रूप में, अर्थात् क्रिस्टल बनकर, नीचे जम जाता है । धीरे-धीरे ठंडा करने पर क्रिस्टल बड़े और सुडौल बनते हैं ।

अधिक तापमान पर संतृप्त विलयन बनाकर ठंडा करके क्रिस्टल बनाने की क्रिया को क्रिस्टलीकरण कहते हैं ।

प्रयोग—एक पात्र में थोड़ा-सा पानी लेकर उसमें कुछ अधिक परिमाण में तूतिया डाल दीजिए । कुछ तूतिया पानी में घुल जाएगा क्योंकि तूतिया पानी में विलेय है । लेकिन कुछ तूतिया बचा रह जाएगा । साधारण तापमान पर तूतिया का विलयन बन गया ।

अब विलयन को गरम कीजिए। धीरे-धीरे सब तूतिया घुलकर पानी में मिल जाएगा। इस बार अधिक तापमान पर तूतिया का संतृप्त विलयन बन गया। इस संतृप्त विलयन को ठंडा होने के लिए छोड़ दीजिए। ठंडा होने पर देखिएगा कि पात्र के नीचे तूतिया के क्रिस्टल जम गये हैं।

इस विधि से नमक, चीनी, शोरा, सोडा आदि पदार्थों का क्रिस्टलीकरण किया जा सकता है।

**बड़े आकार का क्रिस्टल बनाना**

ऊपर दी गई विधि से बनाये गए क्रिस्टल माघारणतः छोटे होते हैं। किसी पदार्थ का बड़ा क्रिस्टल निम्नलिखित विधि में बनाया जा सकता है—

**प्रयोग—**एक काँच के ग्लास में आधा ग्लास तूतिया का संतृप्त विलयन बनाइए। तूतिया का एक छोटा-सा क्रिस्टल लेकर उसे बहुत पतले धागे या सिर के लम्बे बाल से बाँधकर ग्लास के विलयन के अंदर लटका दीजिए। धागे या बाल के दूसरे सिरे से एक पेसिल या कलम को बाँधकर उसे ग्लास पर रख दीजिए ताकि क्रिस्टल ग्लास के विलयन के अंदर लटकता रहे। ग्लास को किसी सुरक्षित स्थान में रख छोड़िए। दो-तीन दिन बाद क्रिस्टल को निकाल लीजिए। देखिएगा कि तूतिया का काफी बड़ा क्रिस्टल बन गया है।

अन्य पदार्थों के बड़े क्रिस्टल भी इसी विधि से बनाये जा सकते हैं।

**क्रिस्टलीकरण द्वारा पदार्थों का पृथक्करण**

जिन पदार्थों के क्रिस्टल बनते हैं, उन्हें एक दूसरे से या किसी अक्रिस्टलीय पदार्थ से क्रिस्टलीकरण द्वारा अलग किया जा सकता है।

**प्रयोग (१)—**तूतिया और फिटकिरी का मिश्रण लेकर पानी में घोलिए और अधिक ताप पर संतृप्त विलयन बनाइए। ठंडा होने पर नीचे तूतिया और फिटकिरी के क्रिस्टल अलग-अलग दिखाई पड़ेंगे। इन्हें चुन-चुनकर अलग कीजिए।

(२)—बालू और तूतिये का मिश्रण लीजिए। मिश्रण को पानी में घोलिए। बालू पानी में विलेय पदार्थ न होने के कारण नहीं घुलेगा, लेकिन तूतिया पानी में घुलेगा। गरम करके समस्त तूतिये को घुलाकर अधिक ताप पर संतृप्त विलयन बनाइए। गरम अवस्था में ही छानकर

विलयन से बालू को अलग कर दीजिए। अब केवल तूतिया का विलयन रह जाएगा। ठंडा होने पर नीचे तूतिया के क्रिस्टल जम जाएंगे। इस प्रकार क्रिस्टलीकरण द्वारा बालू और तूतिये को अलग किया जा सकता है।

**क्रिस्टलन जल (Water of crystallisation)**—बहुत-से पदार्थों के क्रिस्टल देखने से तो सूखे मालूम पड़ते हैं तथापि उनमें थोड़ा-सा जल होता है। इन पदार्थों के क्रिस्टल क्रिस्टलन के समय थोड़ा-सा जल ग्रहण कर लेते हैं और इस जल पर ही उनका आकार तथा रंग निर्भर करता है। इस जल को क्रिस्टलन जल कहते हैं।

**प्रयोग**—तूतिये के थोड़े-से क्रिस्टल को एक परखनली में रखकर धीरे धीरे गरम कीजिए। गरम होने के साथ-साथ, तूतिये के नीले रंग के पारदर्शी क्रिस्टल धीरे-धीरे सफेद रंग के चूण में बदल जाएंगे। ध्यान से देखिएगा तो परखनली के मुँह के पास पानी की बहुत छोटी-छोटी बूँदें दिखाई पड़ेंगी स्पष्ट है कि पानी की ये बूँदें तूतिये के क्रिस्टल से ही निकली हैं। यही क्रिस्टलन जल था। इसके न रहने से क्रिस्टल टूट गए हैं और उनका रंग भी जाता रहा है।

अब परखनली में दो-चार बूँद पानी डाल दीजिए—देखिएगा कि तूतिया फिर नीले रंग का बन गया है।

फिटकिरी, कपड़ा धोने का सोडा आदि के क्रिस्टलों में क्रिस्टलन जल होता है। गरम करके यह जल निकाल देने से क्रिस्टल टूट जाते हैं और उनका रंग भी बदल जाता है। नमक, गोरा आदि कुछ पदार्थों के क्रिस्टल में क्रिस्टलन जल नहीं होता है।

### अवक्षेपण (Precipitation)

कुछ पदार्थों के विलयनों को मिला देने से रासायनिक क्रिया से एक तीसरा पदार्थ बन जाता है जो उस विलायक में विलेय नहीं होता है। अतः उस तीसरे पदार्थ को छानकर अलग किया जा सकता है।

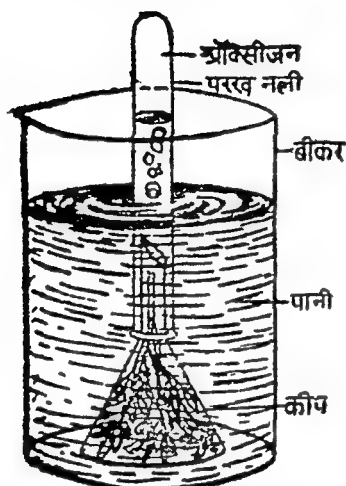
दो प्रकार के विलयन को मिलाने से एक अविलेय पदार्थ बनकर मिश्रण से अलग हो जाने की क्रिया को अवक्षेपण कहते हैं। पृथक् होनेवाले पदार्थ को अवक्षेप (Precipitate) कहा जाता है।

प्रयोग—दो परखनलियाँ लीजिए । एक में थोड़ा-सा साधारण नमक का स्वच्छ विलयन और दूसरे में थोड़ा-सा सिल्वरनाइट्रेट का स्वच्छ विलयन डालिए । दोनों परखनलियों के स्वच्छ तथा अपारदर्शी विलयन को एक साथ मिला दीजिए । देखिएगा कि एक साथ मिलते ही विलयन का रंग सफेद हो गया है और मिला हुआ विलयन अपारदर्शी बन गया है । मिले हुए विलयन को छानिए—देखिएगा कि छनना-कागज पर एक सफेद पदार्थ जम गया है ।

पानी में घुले हुए सोडियम-क्लोराइड या साधारण नमक तथा सिल्वर-नाइट्रेट मिलकर पानी में अविलेय सिल्वर-क्लोराइड बनाते हैं । सिल्वर-क्लोराइड का रंग सफेद होने के कारण और उसके पानी में न घुलने के कारण पानी अपारदर्शी और सफेद बन जाता है । सिल्वर-क्लोराइड बनने की क्रिया अवक्षेपण और सिल्वर-क्लोराइड अवक्षेप है ।

**प्रयोग**—एक बड़े-से काँच के पात्र में पानी लेकर एक नली की सहायता से कुछ देर तक पानी फूँकते रहिए। इस प्रकार से पानी में अधिक परिमाण के कार्बन-डाइ-आक्साइड मिल जाएगा। जलज पौधों की थोड़ी-सी ताजी हरी पत्तियाँ लेकर इस पानी में डाल दीजिए। फिर एक काँच का कीप उलटकर

इन पत्तियों को ढँक दीजिए और एक काँच की परखनली में जल भरकर कीप पर उलट कर बैठा दीजिए।



[ चित्र ३३—वनस्पति द्वारा  
आक्सीजन त्यागना ]

अब इन सबको पात्रसहित बाहर धूप में रख दीजिए। दो-तीन घंटे बाद देखिएगा कि पत्ती पर बुलबुले जम रहे हैं और ऊपर उठते जा रहे हैं। साथ ही परखनली में पानी नीचे उतरता आ रहा है। इस प्रकार जब परखनली में कुछ गैस जमा हो जाए, तब उसके मुँह को अंगुली से दबाकर सावधानी से बाहर निकाल लीजिए। एक सुलगती हुई पतली

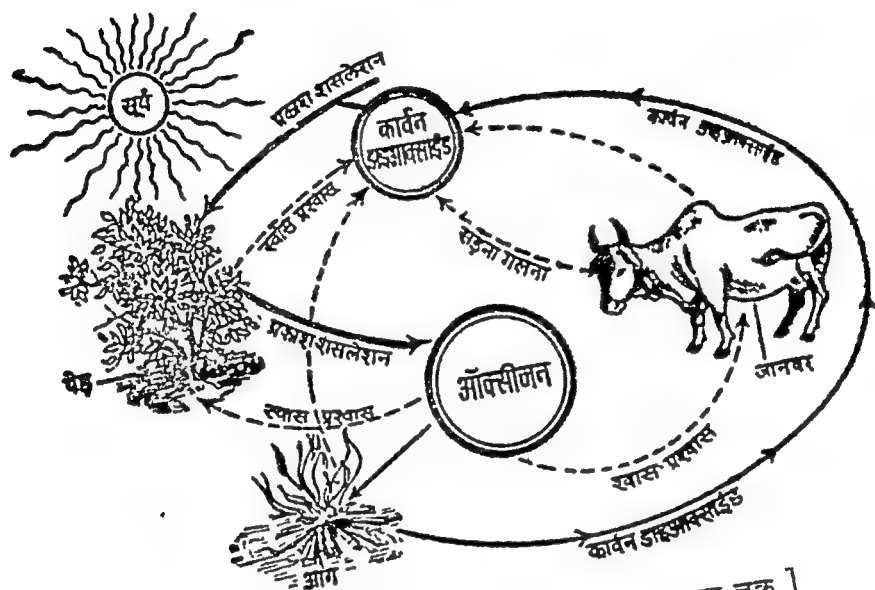
लकड़ी लेकर परखनली में डालिए; देखिएगा कि उसमें आग जल उठेगी। इस प्रकार मालूम हो जाएगा कि परखनली में जो गैस जमा है, वह आक्सीजन है; क्योंकि आक्सीजन सुलगती हुई आग को जला देती है।

ध्यान रखना होगा कि यह प्रयोग केवल धूप में ही हो सकता है, क्योंकि वनस्पति केवल सूरज की किरणों में ही कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस से कार्बन तथा आक्सीजन को अलग कर सकती है। इस क्रिया को प्रकाश-संश्लेषण (Photosynthesis) कहते हैं।

प्राणियों द्वारा आक्सीजन-ग्रहण और कार्बन-डाइ-आक्साइड-त्याग तथा वनस्पतियों द्वारा कार्बन-डाइ-आक्साइड ग्रहण-और आक्सीजन-त्याग की क्रिया द्वारा वायु में आक्सीजन और कार्बन की संतुलन-रक्षा को आक्सीजन-कार्बन-डाइ-आक्साइड-चक्र कहते हैं।



सूरज की किरणों तथा ऊष्मा से अधिकांश रोग के जीवाणु मर जाते हैं और इस प्रकार वायु इनसे मुक्त हो जाती है।



[ चित्र ३४—आक्सीजन कार्बन-डाइ-आक्साइड चक्र ]

वर्षा का पानी वायु में मिले हुए विषाक्त गैसों को घुलाकर वायु को साफ कर देता है। साथ ही, हवा में मिली हुई धूल तथा अन्य पदार्थों को धोकर नीचे ले आता है और इस प्रकार वायु शुद्ध हो जाती है। वायु-प्रवाह एक स्थल पर जमी हुई अशुद्धियों को उड़ा ले जाता है और वहाँ की वायु शुद्ध हो जाती है।

## दहन : श्वास-क्रिया : जंग लगना

( Burning : Respiration : Rusting )

अधिकतर पदार्थ आग लगने से जलने लगते हैं। लकड़ी, कागज, कोयला, तेल आदि पदार्थ आसानी से जलते हैं—इन्हे दहनशील पदार्थ (combustible substance) कहते हैं। दहन-क्रिया या आग जलने का प्रधान सहायक वायुस्थ आक्सीजन है। हम देख चुके हैं कि वायु न रहने से आग नहीं जल सकती। इसलिए जहाँ भी आग जलाने की आवश्यकता होती है, वहाँ वायु का पथ भी रखा जाता है। अगीठी या कोयले के चूल्हे के नीचे इसीलिए छेद रखा जाता है। अगर कपड़े में आग लग जाए तो झवर-उधर दौड़ने से आग अधिक तेज हो जाती है और समस्त शरीर जल जाने का खतरा पैदा हो जाता है। ऐसी हालत में कम्बल, टाट आदि ओढ़ लेने से या मिट्टी में लोट-पोट करने से आग बुझ जाती है। आग बुझाने का सर्वप्रधान उपाय है, हवा बंद करवा। क्योंकि हवा से आक्सीजन न मिलने पर आग नहीं जल सकती है।

### दहन

दहन-क्रिया में दहनशील पदार्थ तथा वायुस्थ आक्सीजन मिलकर एक नये यौगिक पदार्थ का निर्माण करते हैं।

निम्नलिखित प्रयोगों से हम इसे देख सकते हैं—

१—एक तार लेकर उसके एक सिरे को मोड़कर उसपर एक मोमबत्ती बँठा दीजिए। एक दफ्ती के गोलाकार टुकड़े के बीच में छेद करके, दूसरे सिरे से तार में घुसा दीजिए। मोमबत्ती को जलाकर एक लंबे गैसजार के अंदर ले जाइए और दफ्ती से उसका मुँह ऐसे बंद कीजिए कि अंदर वायु न जा सके। थोड़ी देर में मोमबत्ती बुझ जाएगी और जार के अंदर पानी की वृद्धि दिखाई पड़ेगी।

अब मोमबत्ती को बाहर निकाल लीजिए और जल्दी से जार को एक काँच के डक्कन से ढक दीजिए। मोमबत्ती को फिर से जलाकर अंदर कर

देने से वह फौरन बुझ जाएगी। थोड़ा-सा चूने का पानी लेकर जार में ढाल दीजिए और उसे अच्छी तरह हिलाइए; देखिएगा कि अब पानी साफ न रहकर दुधिया हो गया है। ख्याल रखना पड़ेगा कि शुरू से जार का मुँह ठीक से बंद रहे।

चूने के साफ पानी को किसी भी साफ पात्र में रखकर हिलाने से उसमें कोई परिवर्तन नहीं होता। अतः यह स्पष्ट है कि जार में बत्ती जलने से ऐसा कोई पदार्थ बना है जो चूने के पानी में परिवर्तन ला सकता है। मोम एक योगिक पदार्थ है जिसमें कार्बन तथा हाइड्रोजन होते हैं। आग जनने से मोम वायुस्थ आक्सीजन के साथ मिलकर पानी तथा कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस की सृष्टि करती है। जार में जो पानी की बूँदें दिखाई देती हैं वे इसी क्रिया से बनी हैं। चूने के पानी के साथ मिलाकर कार्बन-डाइ-आक्साइड खड़िया मिट्टी बनाती है और इसलिए जार में चूने का पानी दुधिया हो जाता है। साथ ही, इन्हें बनाने में पात्र के अंदर के सभी आक्सीजन शेष हो जाने के कारण इसमें फिर से मोमवत्ती नहीं जल सकती।

वायु का मुख्य सक्रिय अंश आक्सीजन है। किसी बंद जगह आग जलने से यह नष्ट हो जाता है। इसलिए लालटेन आदि को ठीक से जलाने के लिए उनमें उचित मात्रा में वायु के यातायात का प्रवर्धन करना पड़ता है। वायु-यातायात (संवातन) ठीक से न होने पर आक्सीजन की कमी हो जाती है और उनमें अधिक धुआँ होने लगता है। दहन से वस्तु का वजन भी बढ़ जाता है।

२—एक बरतन में पानी भरकर उसमें एक छोटी अल्युमिनियम की कटोरी तैरा दीजिए। कटोरी में थोड़ा-सा मैंगनेशियम का तार, जिसे पहले ही तौल लिया गया हो, रखकर उसमें आग लगा दीजिए और एक गैसजार उलटकर कटोरी को ढक दीजिए। थोड़ी देर तक तेज रोशनी के साथ मैंगनेशियम का फीता जलता रहेगा। उसके बुझ जाने के बाद देखिएगा कि गैसजार के अंदर पानी की सतह ऊपर चढ़ गई है और पानी जार के अंदर बंद वायु के लगभग  $\frac{1}{5}$  भाग तक भर गया है। अब मैंगनेशियम के एक दूसरे तार को जलाकर सावधानी से उसके अंदर रखिए। देखिएगा कि वह फौरन बुझ जाएगा। मोमवत्ती या अन्य कोई

भी वस्तु मे आग जलाकर उसमे डालिए । देखिएगा कि वह भी फौरन बुझ जाएगी । कटोरी के अंदर मँगनेशियम जलकर सफेद रंग की राख बन गई है । आप मँगनेशियम के तार को पहले ही तौल चुके थे, अब इस राख को तौल कर देखेंगे कि राख का वजन तार के वजन से अधिक है अर्थात् उसमें हवा का आक्सीजन मिल जाने से राख का वजन बढ़ गया है । इस प्रकार हम देखेंगे कि आक्सीजन और मँगनेशियम, दोनों के मिलने से एक नया यौगिक पदार्थ मँगनेशियम आक्साइड बना है और जार की वायु मे केवल उसका अक्रिय अंश रह गया है । इस प्रयोग से यह भी मालूम हो जाता है कि वायु का सक्रिय अवयव अर्थात् आक्सीजन उसका  $\frac{1}{8}$  अंश है ।

इस प्रयोग से यह भी सिद्ध हो जाता है कि दहन-क्रिया मे दहनशील वस्तु वायुस्थ आक्सीजन के साथ मिलकर एक नया यौगिक पदार्थ बनाती है और साथ-ही-साथ ऊष्मा और प्रकाश की उत्पत्ति होती है । वस्तु का वजन भी दहन के बाद बढ़ जाता है । इसका कारण यह है कि दहन-क्रिया मे उस वस्तु के साथ आक्सीजन का संयोग होता है ।

### श्वास-क्रिया

हम देख चुके है कि मोमवत्ती मे आग लगने पर द्रुतगति से रासायनिक क्रिया होकर कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस उत्पन्न होता है । साथ ही, प्रकाश तथा ऊष्मा भी उत्पन्न होते है । श्वास-क्रिया भी एक प्रकार की दहन-क्रिया है । अंतर केवल यह है कि यह क्रिया, जो जीवों के शरीर के भीतर होती है, बहुत ही मंद गति से होती है । इस क्रिया मे ऊष्मा की उत्पत्ति कम होती है और प्रकाश की उत्पत्ति नहीं होती । प्रत्येक जीव को, चाहे वह प्राणी हो या वनस्पति, जीवित रहने के लिए साँस लेने की आवश्यकता होती है । हमलोग प्रति मिनट मे साधारणतः १६ से १७ बार साँस लेते है ।

साँस लेते समय वायु के साथ आक्सीजन फेफड़े मे प्रवेश करता है और शरीर के अंदर का कार्बन वायुस्थ आक्सीजन के साथ मिलने से, मंद दहन-क्रिया से कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस उत्पन्न होता है । प्रश्वास के साथ यह

कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस शरीर से बाहर निकल जाता है। एक सरल प्रयोग से यह देखा जा सकता है।

आप देख चुके हैं कि चूने के साफ पानी में कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस मिलने से चूने का पानी दुधिया हो जाता है। अगर प्रश्वास में कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस हो तो उससे चूने का साफ पानी सफेद हो जाना चाहिए।

प्रयोग—एक ग्लान में चूने का साफ पानी लीजिए। एक नली की सहायता से उसमें सांस छोड़िए। थोड़ी ही देर में चूने का पानी दुधिया हो जाएगा। सांस छोड़ते समय फेफड़े में प्रश्वास के नाथ निकलने वाले कार्बन-डाइ-आक्साइड चूने के पानी के साथ मिलकर उनका रंग दुधिया बना दिया है।

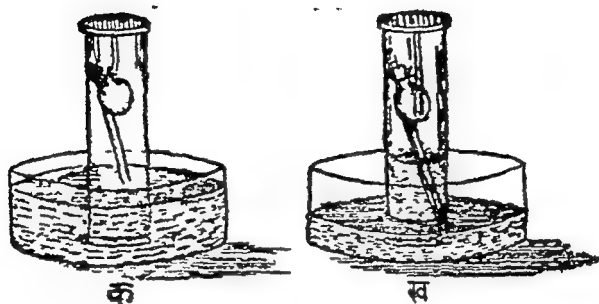
इस प्रकार श्वास-क्रिया के समय शरीर के अंदर आक्सीजन तथा कार्बन के मिलने में रासायनिक क्रिया द्वारा एक नया यौगिक पदार्थ—कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस-उत्पन्न होता है।

### जंग लगना

वायु का सक्रिय अवयव आक्सीजन केवल दहन-क्रिया या श्वास-क्रिया के समय ही दूसरे पदार्थों में सम्मिलित नहीं होता है, बल्कि साधारण अवस्था में भी वह बहुत-से पदार्थों के साथ मिल जाता है। लोहा, पीतल, ताँदा आदि में बनी हुई वस्तुओं को खूब साफ करके खुली हवा में कुछ दिनों तक रख देने के बाद उनकी चमक जाती रहती है और उनपर एक प्रकार का मैल जम जाता है। इन धातुओं के साथ आक्सीजन के मिलने से ही वह मैल पैदा होता है। लोहे पर मैल सबसे अधिक जमता है। इसीको 'जंग लगना' भी कहा जाता है। वह जगह में लोहा आदि में जंग लगने पर वहाँ ठीक दहन-क्रिया जैसा प्रभाव देखने को मिलता है। निम्नलिखित प्रयोगों से इसे देखा जा सकता है—

प्रयोग—थोड़ा-सा लोह-चूर्ण वजन कर लीजिए और एक टुकड़ा पतला कपड़ा गीला करके उसमें बाँध दीजिए। इस पोटली को एक छोटी-सी काँच की छड़ में लटका दीजिए। एक पात्र में पानी भर लीजिए और एक गैसजार

में पोटली समेत कांच की छड़ को रखकर उसे पात्र के पानी में उलटकर ऐसे बैठा दीजिए कि लौह-चूर्ण की पोटली पानी के ऊपर रहे ।



[ चित्र ३५—जंग लगना : क—जंग लगने के लिए लौह-चूर्ण रखना, ख—जंग लगने के बाद पानी का ऊपर चढ़ना ]

कुछ दिनों के बाद देखिएगा कि गैसजार में पानी की सतह पात्र के पानी की सतह से ऊपर उठ गई है । नाप कर देखिएगा तो मालूम हो जाएगा कि पानी जार के अंदर के वायुपूर्ण स्थान के  $\frac{1}{5}$  अंश ऊपर चढ़ गया है ।

अब एक ढक्कन से जार का मुँह बंद करके उसे सीधा कीजिए और एक मोमवत्ती जला कर उसके अंदर ले जाइए ; देखिएगा कि मोमवत्ती तुरंत बुझ जाएगी ।

फिर लौह-चूर्ण की पोटली निकालकर खोलिए, देखिएगा कि उसमें लाल रंग का मेल पैदा हो गया है । वजन करने पर देखिएगा कि उसका वजन बढ़ गया है । हाथ से दवाने पर अब वह पहले की तरह कठिन नहीं लगेगा बल्कि वह आसानी से चूर हो जाएगा । एक चुम्बक लेकर उसमें डालिए । फिर चुम्बक उठाकर देखिएगा तो मालूम होगा कि अब यह चूर्ण चुम्बक से नहीं चिपकता । इस प्रकार मालूम हो जाता है कि लौह-चूर्ण अब लोहा नहीं रह गया है । वह वायुस्थ आक्सीजन से मिलकर एक दूसरा पदार्थ आयरन-आक्साइड या जंग बन गया है । साथ ही, यह भी प्रमाणित हो जाता है कि दहन-क्रिया में जिस प्रकार दहनशील पदार्थों के साथ आक्सीजन का संयोग होता है, उसी प्रकार लौह-चूर्ण के साथ आक्सीजन का संयोग होने से जंग बन गया है तथा इससे लौह-चूर्ण का वजन बढ़ गया है । जार के अंदर

का आक्सीजन इस प्रकार से शेष हो जाने के कारण पानी आग में ऊपर चढ़ गया है और उसका रिक्त स्थान पूर्ण कर दिया है ।

अतः, पदार्थ में जंग लगने से या उसे आग में जलाने से उसका आक्सीजन के साथ संयोग होता है और एक नया यौगिक पदार्थ बनता है ।

**जंग लगने में नमी की आवश्यकता**

जंग लगने के लिए वायु में नमी की भी आवश्यकता होती है अर्थात् वायुस्थ आक्सीजन लोहे में मिलकर तभी जंग बना सकता है, जब वायु में जलवाष्प मौजूद हो । किन्तु, जंग लगने की क्रिया में वायुस्थ दूसरे तत्वों की तरह जलवाष्प का भी लोहे या आक्सीजन से किसी प्रकार संयोग नहीं होता है । फिर भी इसकी उपस्थिति के बिना आक्सीजन और लोहे में संयोग नहीं हो सकता ।

**प्रयोग—**एक परखनली में पानी लेकर उसमें आग पर सुखाया हुआ थोड़ा-सा लौह-चूर्ण डाल दीजिए । परखनली को आग पर गरम कीजिए और पानी को काफी देर तक उबलने दीजिए । इस प्रकार पानी, लौह-चूर्ण तथा नली के अंदर का समस्त वायु बाहर हो जाएगा । अब काग लगाकर परखनली के मुँह को अच्छी तरह बंद कर दीजिए और मोम गलाकर काग पर इस प्रकार लगाइए कि वायु किसी भी प्रकार से अंदर न जा सके । परखनली पर '१' लिखकर उसे स्टैंड में रख दीजिए ।

'२' चिह्नित एक परखनली लेकर उसे आग पर सुखाइए और उसमें आग पर अच्छी तरह सुखाया हुआ लौह-चूर्ण डाल दीजिए । परखनली के मुँह को काग लगाकर मोम की सहायता से बंद कर दीजिए कि उसमें बाहर की आर्द्र वायु नहीं जा सके । इसको भी स्टैंड में रख दीजिए ।

एक और परखनली लेकर उसमें '३' का चिह्न लगा दीजिए । इसमें बहुत थोड़ा-सा पानी लेकर उसमें कुछ लौह-चूर्ण डाल दीजिए और इसे खुला ही स्टैंड में रख दीजिए ।

कुछ दिनों तक तीनों परखनलियों को वही छोड़ दीजिए । फिर तीनों को निकालकर देखिए । '१' और '२' चिह्नित परखनलियों में रखे हुए लौह-चूर्ण में कोई परिवर्तन नहीं दिखाई पड़ेगा ; लेकिन '३' चिह्नित परखनली में रखे हुए लौह-चूर्ण पर लाल रंग की काई दिखाई देगी । यह जंग है ।

पहली परखनली वायु-शून्य थी इसलिए उसमें आक्सीजन न रहने के कारण जंग नहीं लग सका। दूसरी परखनली में यद्यपि वायु तो थी, लेकिन वह जल-शून्य थी। अतः उसमें रखे हुए लौह-चूर्ण पर इस कारण से जंग न लग सका कि उसके अंदर की वायु में जलवाष्प नहीं था ; किन्तु तीसरी में नमी तथा वायु, दोनों ही मिलने से लौह-चूर्ण में जंग लग गया।

दहन, श्वास-क्रिया और जंग लगने में मूलतः कोई अंतर नहीं है। तीनों क्रियाओं में वायु के सक्रिय अवयव आक्सीजन के साथ पदार्थविशेष के संयोग से नये यौगिक पदार्थ की सृष्टि होती है। दहन-कार्य में आक्सीजन का संयोग द्रुतगति से होता रहता है और पदार्थ अत्यंत उत्तप्त हो जाने के कारण जलने लगता है तथा ऊष्मा और प्रकाश की उत्पत्ति होती है। किन्तु श्वास-क्रिया तथा जंग लगने की क्रिया में आक्सीजन का संयोग बहुत धीरे-धीरे होता है तथा प्रकाश की उत्पत्ति नहीं होती है। श्वास-क्रिया में अल्प ऊष्मा उत्पन्न होती है। संक्षेप में कहा जा सकता है कि दहन, जंग लगना और श्वास-क्रिया तीनों एक ही प्रकार की घटनाएँ हैं।

दहन	श्वास क्रिया	जंग लगना
(१) दहन के समय दहनशील वस्तुओं के साथ आक्सीजन का संयोग बहुत द्रुत गति से होता है।	(१) श्वास-क्रिया में शरीर के अंदर के कार्बन के साथ आक्सीजन का संयोग मंद गति से होता है।	(१) पदार्थ के साथ आक्सीजन का संयोग बहुत धीरे-धीरे होता है।
(२) दहन-क्रिया में प्रकाश और ऊष्मा की सृष्टि होती है और नाना प्रकार के गैस तथा आक्साइड बनते हैं।	(२) श्वास-क्रिया में शरीर के अंदर के कार्बन के साथ आक्सीजन का मंद गति से संयोग होता है और कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस बनता है। अल्प ऊष्मा की सृष्टि होती है।	(२) बहुत ही कम ऊष्मा की सृष्टि होती है। जिस पदार्थ में जंग लगता है, उसका आक्साइड बनता है।



दहन	श्वास-क्रिया	जंग लगना
<p>(३) दहन-क्रिया के लिए साधारणतः आग लगाने की आवश्यकता होती है। सोडियम, फास्फोरस, पोटेशियम आदि कुछ पदार्थों में दहन-क्रिया के लिए आग लगाने की आवश्यकता नहीं होती है।</p>	<p>(३) श्वास-क्रिया में आग लगाने की आवश्यकता नहीं होती है।</p>	<p>(३) आग लगाने की आवश्यकता नहीं होती है, बल्कि वायु में नमी रहने से जंग लगने की क्रिया तेज हो जाती है।</p>

## जल

जीवन धारण के लिए वायु जितनी आवश्यक है उतना ही आवश्यक जल है। जल के बिना न तो प्राणी बच सकता है और न पेड़-पौधे ही बच सकते हैं। गरमी के दिनों में पेड़ पौधे सूख जाते हैं, किन्तु वरसात में पानी पाते ही सब फिर हरे-भरे नजर आने लगते हैं। हमारे शरीर की रचना के लिए पानी एक अत्यंत आवश्यक वस्तु है। साथ ही सभी प्राणियों और वनस्पतियों के शरीर की रचना में वजन के हिसाब से बड़ी मात्रा में जल रहता है।

जल एक यौगिक पदार्थ है, जो हाइड्रोजन तथा आक्सीजन के सम्मिश्रण में बनता है। शुद्ध जल रंगहीन, गंधहीन तथा स्वादहीन होता है।

### जल का उद्गम

पृथ्वी पर जल का सबसे बड़ा भंडार समुद्र है। सही माने में कहा जा सकता है कि समुद्र ही समस्त जल का उद्गम स्थान है। समुद्र का पानी सूर्य की ऊष्मा से वाष्प बन जाता है। वाष्प वायु के साथ बादल बनकर चारों ओर फैल जाता है। उन्हीं बादलों से देशदेशान्तर में पानी बरसता है। वही पानी पर्वतों पर बरफ के रूप में जमा होता है तथा नदी बनकर निकल आता है। झील, तालाब आदि में भर जाता है और मिट्टी के नीचे जाकर पानी का सोता बनता है।

### समुद्र

पृथ्वी का तीन चौथाई अंश समुद्र है। समुद्र का विशाल जल-भंडार खारा होने के कारण मनुष्य के पीने योग्य नहीं है। स्थल-भाग के अंदर से प्रवाहित होकर असंख्य नदियाँ आकर समुद्र में गिरती हैं। एक ओर ये नदियाँ भू-पृष्ठ से कितने ही पदार्थ अपने पानी में घुलाकर ले आती हैं तथा समुद्र में मिलाती जा रही हैं और दूसरी ओर समुद्र का जल सूर्य की ऊष्मा से वाष्प बनकर उड़ता जाता है। वाष्प बनते समय विशुद्ध पानी ही केवल वाष्प बनता है और सभी घुले और अनघुले पदार्थ समुद्र में ही रह जाते हैं। इस प्रकार दिनप्रतिदिन समुद्र के पानी में इन अशुद्धियों की

मात्रा बढ़ती जा रही है। किन्तु समुद्र इतना विशाल है कि अशुद्धियों के बढ़ने की दर अपेक्षाकृत बहुत ही कम है और करोड़ों साल बीतने के बाद आज भी समुद्र के पानी में औसत अशुद्धि की मात्रा ३३ प्रतिशत से अधिक नहीं है। अशुद्धियों में लगभग पौने तीन प्रतिशत केवल नमक है इसलिए समुद्र का पानी खारा लगता है और इसे सुखाकर नमक बनाया जाता है। ठोस अशुद्धियाँ धुली हुई रहने के कारण समुद्र के पानी का घनत्व शुद्ध पानी से ०.०३ अधिक है।

### वर्षा

पृथ्वी के स्थल-भाग पर जहाँ-जहाँ हमें जो भी पानी मिलता है, वह सभी मुख्यतः वर्षा का ही पानी है। सूर्य की ऊष्मा से समुद्र का पानी वाष्प बनता है। मौसमी वायु इस जलवाष्प को उड़ाकर स्थल-भाग पर ले आती है। यहाँ जलवाष्प ठंडा होकर फिर से पानी बनकर वर्षा के रूप में स्थल-भाग पर बरसता है। इस पानी से नदी-नाले पुष्ट होते हैं; झील, तालाब आदि भरते हैं और यही पानी मिट्टी के नीचे जाकर कुएँ, नलकूप आदि में जल पहुँचाता है। वर्षा नहीं होने से न केवल इनका पानी सूख जाता है बल्कि साथ ही खेती आदि भी नहीं हो पाती है। पेड़-पौधे मर जाते हैं और देश में अकाल तथा भुखमरी का खतरा पैदा हो जाता है।

जिस समय जलवाष्प फिर से पानी बनकर बरसता है, उस समय वह स्रवित होने के कारण विशुद्ध होता है। किन्तु गिरते समय वायुस्थ कुछ अशुद्धियाँ इसमें घुल जाती हैं। धूलि-कण आदि ठोस अशुद्धियों के अलावा आक्सीजन, अमोनिया, कार्बन-डाइ-आक्साइड आदि गैस इसमें मिल जाते हैं। साधारण पानी पीते समय जो स्वाद मालूम होता है, वह पानी में भिले हुए आक्सीजन के कारण होता है। पानी को उवालने में उसमें घुला हुआ आक्सीजन निकल जाता है। इसलिए उवाला हुआ पानी पीने में अच्छा नहीं लगता है। कुछ देर तक पानी बरस जाने के बाद वायुस्थ अशुद्धियाँ घुलकर साफ हो जाती हैं और बाद में जो पानी बरसता है, वह लगभग स्रवित जैसा विशुद्ध होता है। इस पानी को जमा करके स्रवित जल के रूप में काम में लाया जा सकता है। कुछ स्थानों में, जैसे शिमला के तारादेवी पहाड़ में, वर्षा का पानी सावधानी के साथ जमा करके रखा जाता है और पीने के काम में लाया जाता है।

## नदी

स्थल-भाग में नदी पानी का मुख्य भंडार है। बड़ी-बड़ी नदियों से बारहो महीने हमें पानी मिलता रहता है। नदी का पानी पीने, नहाने, खेती आदि के काम में आता है। नदी जिन स्थानों से होकर बहती है, उन स्थानों की मिट्टी या पत्थरों में जो घुलनशील पदार्थ रहते हैं, नदी के पानी में वह सब मिल जाते हैं। इनके अलावा बहुत-से ठोस पदार्थों के कण भी इस पानी में मिले हुए होते हैं। इसलिए नदी का पानी प्रायः गंदा और मैला रहता है। इसे थिराकर तथा छानकर साफ करके काम में लाया जाता है। बड़े-बड़े शहरों में नदी के पानी को ही साफ करके नल की सहायता से व्यवहार के लिए घरों में पहुँचाया जाता है। ऐसा करने के पहले पानी को साफ कर लिया जाता है।

नदी को बाँधकर जगह-जगह पानी जमा करके, साल भर उससे खेती आदि की जाती है। इस प्रकार जमा किया हुआ पानी, नहर काटकर, दूर-दूर तक पहुँचाया जाता है।

## झील और तालाब

बरसात का पानी झील और तालाब आदि में जमा होता है। झील, तालाब आदि में पानी बढ़ रहने के कारण इसमें अधिक अशुद्धियाँ रहने की संभावना रहती है। कुछ बड़ी-बड़ी झीलों से नदियाँ निकली हैं। इससे पानी निकलते रहने के कारण उसमें कम अशुद्धियाँ जमा हो पाती हैं और पानी पीने के योग्य मीठा होता है। मानसरोवर इसी प्रकार की एक झील है।

कुछ झीलों से नदियाँ तो नहीं निकलती हैं, किन्तु उनमें नदियाँ आकर गिरती हैं। इनमें भी नदियाँ स्थल-भाग से तरह-तरह की अशुद्धियाँ लाकर वैसे ही मिलाती रहती हैं जैसे सागर में। उन अशुद्धियों के लिए निकल जाने का कोई पथ न रहने के कारण वे वहीं रह जाती हैं। इसके चलते उन झीलों के पानी में अशुद्धियों की मात्रा बहुत अधिक होती है और उनमें नमक बहुत अधिक होने के कारण पानी खारा तथा पीने के योग्य नहीं रहता। मृतक सागर (dead sea) इसी प्रकार की एक झील है। इसमें अशुद्धियाँ इतनी अधिक हैं कि इसके पानी में मछली आदि जलचर प्राणी भी जिन्दा नहीं रह सकते हैं।

छोटे होने के कारण तालाब आदि में केवल बरमान का पानी, या तो सीधे तौर पर या मिट्टी के अंदर से नाले के रूप में आकर, जमा होता है। इसलिए तालाब के पानी का खार उग खान की मिट्टी में मिले हुए घुलनशील पदार्थों के अनुसार होता है।

तालाब के पानी में जीवाणु आदि के अधिक रहने की संभावना होती है। इसलिए इसे नाज नया विशुद्ध किये बिना नहीं पीना चाहिए। नाले, पीने आदि में काम आने के अलावा उसके पानी में भेनी आदि भी ली जाती है।

### कुएँ, नल्लूप (Tube well)

मिट्टी के नीचे जमे हुए दरमान के पानी को हम कुआँ खोदकर या ट्यूबवेल (नल्लूप) बैठाकर निकालते हैं। कुएँ नया ट्यूबवेल का पानी प्राकृतिक रूप में फिल्टर किया हुआ होने के कारण उसमें अशुद्धियाँ कम होती हैं। किन्तु इसमें उस स्थान की मिट्टी में मिला हुआ घुलनशील पदार्थ मौजूद रहता है। इसी कारण किमी-किमी कुएँ या ट्यूबवेल का पानी खारा होता है। गहरे कुएँ का पानी साधारणतः स्वादिष्ट तथा शुद्ध होता है। बाहर से दूषित पदार्थ मिल जाने के कारण कुएँ का पानी भी कभी-कभी अशुद्ध हो जाता है। ऐसी हात में उसे शुद्ध करके ही काम में लाना चाहिए।

पम्प, रहट, लट्ठा-दूजी, पशियन हीन आदि की सहायता से कुएँ में पानी निकालकर खेती की जाती है। आजकल विद्युत्-चालित या डिजन-चालित पंप की सहायता से, ट्यूबवेल से खेती में पानी देने का प्रबंध किया जाता है। इसे लिफ्ट इरिगेशन (lift irrigation) कहते हैं।

### झरना और सोता

बहुत जगहों में, विशेषकर पहाड़ी इलाकों में झरने, सोते आदि निकलते हैं। यह भी बरसात का ही पानी है जो जमीन के अंदर से चट्टानों में से होकर इस रूप में निकल आता है। निकलते समय इनका पानी भी प्रायः शुद्ध होता है। किन्तु इनमें भी उन स्थानों में मौजूद घुलनशील पदार्थ घुले हुए होते हैं।

कहीं-कहीं ऐसे झरनों, सोतों आदि से गरम पानी निकलता है। राजगीर के गरम पानी के सोते तथा मुंगेर के सीताकुंड इसी प्रकार के सोते हैं।

झरनो, सोतो आदि के पानी को बाँधकर कृत्रिम झील की सृष्टि की जाती है और इससे खेती आदि की सिंचाई की जाती है।

### तुषार

पर्वतों की ऊँची चोटियों पर पानी जमकर तुषार के रूप में रहता है। यह भी बरसात का पानी है जो जमकर तुषार बन जाता है। गरमी से तुषार गलकर नीचे की ओर आता है और नदी, सोते आदि का रूप ले लेता है। हिमालय पर्वत से निकलने वाली नदियों में तुषार गलकर पानी आने के कारण बरहो भूहिने काफी पानी रहता है।

### खनिज पानी तथा मीठा पानी

पानी में घुले हुए खनिज लवण की मात्रा के अनुसार प्राकृतिक पानी दो तरह के होते हैं—खनिज पानी तथा स्वच्छ या मीठा पानी।

कहीं-कहीं खनिज पानी नमकीन, क्षारीय अथवा गंधकीय तथा गरम भी होता है। मीठे पानी में घुला हुआ लवण नहीं होता है या उसकी मात्रा बहुत कम होती है।

### पानी शुद्ध करना

पानी में मिली हुई अशुद्धियाँ कई उपायों से दूर की जाती हैं। पानी में दो प्रकार की अशुद्धियाँ होती हैं—घुलनशील तथा अघुलनशील। अघुलनशील अशुद्धियों को दूर करना अपेक्षाकृत सहज होता है।

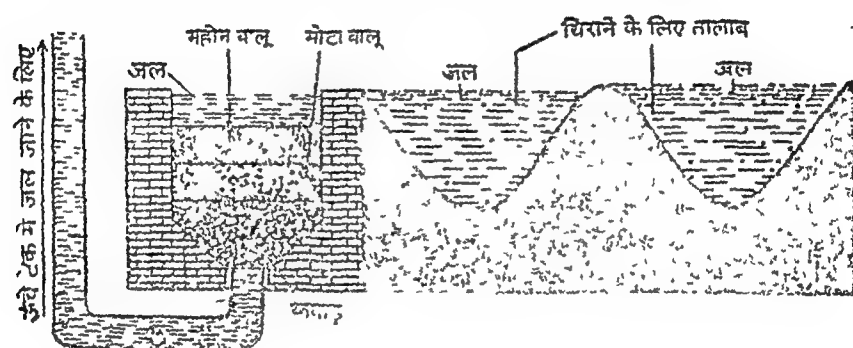
### छानना

अघुलनशील अशुद्धियों को दूर करने का सबसे सहज उपाय छानना है। फिल्टर पत्र, कपड़े आदि से छानने का काम किया जाता है। घरेलू फिल्टर से पानी छानने की विधि के संबंध में हम 'मिश्रित पदार्थ का पृथक्करण' नामक अध्याय में पढ़ चुके हैं। बड़े पैमाने पर पानी छानने के लिए दूसरा प्रबंध करना पड़ता है।

### बड़े पैमाने पर पानी साफ करना तथा जल संभरण तंत्र

बड़े पैमाने पर पानी साफ करने के लिए पानी को बड़े-बड़े तालाबनुमा हौजों में जमा किया जाता है। जमा किए हुए पानी को थिराकर उसमें

मिले हुए भारी ठोस पदार्थों को अलग कर लिया जाता है। वाद में बालू, पत्थर के टुकड़े आदि के अदर से ले जाकर पानी को संपूर्ण रूप से साफ कर लिया जाता है। फिर क्लोरिन आदि जीवाणु-नाशक दवाएँ मिलाकर उसे जीवाणुरहित किया जाता है और पप की सहायता से ऊँची-ऊँची टंकियों में चढ़ा दिया जाता है। वहाँ से नल की सहायता से इच्छानुसार स्थानों में पानी पहुँचाया जाता है। बड़े शहरों में इस प्रकार से पानी साफ करके घरों में पहुँचाया जाता है। 'इसे जल संभरण तंत्र' कहते हैं।



[ चित्र ३६—बड़े पैमाने पर जल-शोधन ]

### रासायनिक विधि

छानकर साफ करने के बाद भी पानी में कई प्रकार की अशुद्धियाँ रह जा सकती हैं। विशेषकर छानने के बाद भी पानी में रोगों के जीवाणु आदि रह जा सकते हैं। इन्हें दूर करने के लिए पानी में दवा मिलाई जाती है। अगर किसी इलाके में हैजा आदि संक्रामक रोग फैले हुए हों तो वहाँ कुएँ, तालाब आदि के पानी को शुद्ध करने के लिए उनमें क्लोरिन, पोटैशियम परमैंगनेट, चूना आदि मिलाया जाता है। कुएँ के पानी को शुद्ध करने के लिए बीच-बीच में कुएँ में पोटैशियम परमैंगनेट देना चाहिए।

### स्त्रवण

पानी में मिली हुई घुलनशील अशुद्धियाँ दूर करने के लिए तथा संपूर्ण रूप से शुद्ध जल पाने के लिए स्त्रवण सर्वोत्तम उपाय है। स्त्रवण करने की विधियों के संवध में हम पहले ही पढ़ चुके हैं।

## उबालना

पानी को उबालकर उसमें से घुले हुए गैसों को अलग किया जाता है। साथ ही पानी उबालने पर उसमें मिले हुए रोगों के जीवाणु नष्ट हो जाते हैं।

## जल के उपादान

जल तत्त्व नहीं है। यह हाइड्रोजन तथा आक्सीजन के संयोग से बनता है। पानी के अंदर विद्युत्-धारा प्रवाहित करके दोनों गैसों को अलग किया जा सकता है। जिसे 'पानी का वैद्युत्-अपघटन' कहते हैं। जल के वैद्युत्-अपघटन की क्रिया से उत्पन्न गैसों में एक का आयतन सदा दूसरे का आधा होता है। परीक्षा करके देखने से पता लगेगा कि कम आयतन वाला गैस आक्सीजन और दूना आयतन वाला गैस हाइड्रोजन है। अर्थात् पानी दो भाग हाइड्रोजन और एक भाग आक्सीजन से बनता है। शुद्ध जल का रासायनिक सूत्र  $H_2O$  है अर्थात् इसके एक अणु में हाइड्रोजन के दो और आक्सीजन के एक परमाणु होते हैं।

अगर एक ग्लास पानी में सोडियम का एक टुकड़ा डाला जाए तो पानी अपघटित हो जाएगा और उससे गैस निकलने लगेगी। इस गैस को जमा करने पर यह हाइड्रोजन गैस साबित होगी। सोडियम में हाइड्रोजन गैस नहीं होता इसलिए यह गैस पानी के अपघटन से ही प्राप्त हुआ है।

खूब गरम लोहे के ऊपर से भाप-रूप में जल को प्रवाहित करने से भी जल अपघटित हो जाता है। हाइड्रोजन-मुक्त होकर बाहर निकल जाता है और आक्सीजन लोहे में मिल जाता है।

हाइड्रोजन तथा आक्सीजन के संयोग से पानी तभी बन सकता है जब उसको मिश्रित करके इस मिश्रण में आग लगाई जाए। केवल मिश्रित करके रख देने पर पानी नहीं बनेगा। पानी बनाने के लिए इन गैसों का मिश्रण एक विशेष मात्रा में होता है। दो भाग हाइड्रोजन और एक भाग आक्सीजन के संयोग से पानी बनता है। अगर दोनों में से कोई परिमाण में अधिक हो जाए तो पानी बनने के बाद वह बचा रह जाएगा।

सोडावाटर की बोतल में हाइड्रोजन तथा आक्सीजन भरकर उसके मुँह को आग के सामने रखने पर उसमें एक धमाका होगा और गैसों का रासायनिक संयोग होगा तथा बोतल के अंदर पानी की बूँदें दिखाई देंगी।



इस प्रयोग को यदि  $100^{\circ}\text{C}$  तापमान पर किया जाए तो बोतल में पानी के बजाए भाप मिलेगी, क्योंकि पानी  $100^{\circ}\text{C}$  पर भाप बन जाता है। यह प्रयोग सावधानी से करना चाहिए।

### हाइड्रोजन

प्रकृति में हाइड्रोजन गैस कभी-कभी मुक्त तत्त्व के रूप में मिलता है। सूरज के चारों ओर यह गैस है तथा ज्वालामुखी पहाड़ों के विस्फोट के समय यह गैस मुक्त तत्त्व के रूप में निकलता है। हम इसे पानी, अम्ल, धार, मांस, चर्बी तथा तेल आदि में योगिक अवस्था में पाते हैं। पृथ्वी का तीन चौथाई भाग पानी है और वजन के हिसाब में पानी का एक नवां भाग हाइड्रोजन है। इसका रासायनिक संकेत H है।

### हाइड्रोजन गैस बनाने की विधि

(१) पानी से—गंधकाम्ल (sulphuric acid) मिश्रित पानी के अंदर से विद्युत्-प्रवाह चलाकर वैद्युत्-अपघटन करने पर उससे आक्सीजन तथा हाइड्रोजन गैस मिलते हैं। आक्सीजन बनाने की विधियों में हम इससे संबंध में जान चुके हैं।

(२) सोडियम या पोटेशियम धातु पर पानी की क्रिया से—इस प्रयोग को बहुत सावधानी से करना चाहिए, नहीं तो भयानक दुर्घटना होने की संभावना रहती है। सोडियम धातु के पानी के संपर्क में आने में इतनी अधिक ऊष्मा निकलती है कि उत्पन्न हाइड्रोजन गैस तुरंत ही जलने लगता है और इससे विस्फोट हो सकता है। इस कारण प्रयोग में सोडियम की मात्रा बहुत ही कम होनी चाहिए। शुद्ध सोडियम के स्थान पर पारे में घुला हुआ सोडियम व्यवहार किया जाता है ताकि उससे धीरे-धीरे हाइड्रोजन गैस निकलता रहे।

### प्रयोगशाला में हाइड्रोजन बनाने की विधि

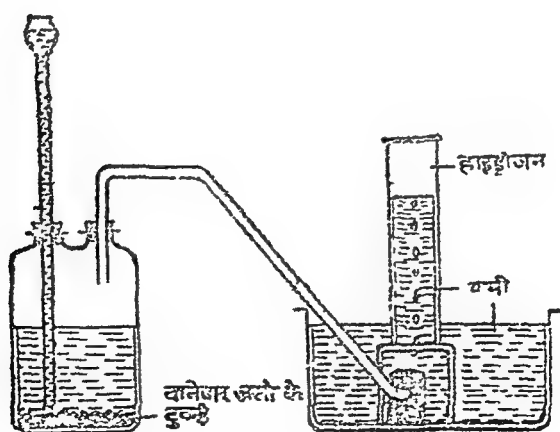
प्रयोगशाला में दानेदार जस्ते पर तनु गंधकाम्ल की क्रिया द्वारा हाइड्रोजन गैस बनाई जाती है।

प्रयोग—दो मुँहवाली एक उल्टा बोतल लीजिए और उसमें थोड़े-से दानेदार जस्ते के टुकड़े डाल दीजिए। बोतल के दोनों मुँह पर छिद्रयुक्त काग लगाइए। काग के एक छेद में एक थिस्लीकीप इस भाँति लगाइए कि वह बोतल के तल तक चला जाए। दूसरे काग के छिद्र में एक मुड़ी हुई काँच की निकासनली लगा दीजिए।

थिस्लीकीप की सहायता से उल्टा बोतल में इतना पानी भरिए कि कीप का निचला भाग पानी में डूब जाए। अब एक गैसजार को पानी से भर कर, एक जलपूर्ण पात्र में उलट कर, वी-हाइव शेल्फ पर रखिए और निकासनली का दूसरा सिरा इस गैसजार में डालिए।

अब कीप की सहायता से उल्टा बोतल में तनु गंधकाम्ल धीरे-धीरे डालिए। ज्यों ही गंधकाम्ल जस्ते के टुकड़ों पर गिरेगा, त्यों ही हाइड्रोजन गैस निकलने लगेगी और मुड़ी हुई निकासनली में से होकर गैसजार में भरने लगेगी।

हाइड्रोजन गैस पानी में नहीं घुलता है। इसलिए वह जार के पानी को



[ चित्र ३७—प्रयोगशाला में हाइड्रोजन बनाना ]

हटाकर उसमें जमा होने लगेगा और थोड़ी ही देर में गैसजार जल-शून्य हो जाएगा। अब गैसजार के मुँह को काँच के ढक्कन से बंद करके उसे

सावधानी से निकाल लीजिए और उसके स्थान पर दूसरा जार रख दीजिए ।  
इस प्रकार से कई जारों में हाइड्रोजन गैस भर लीजिए ।

**सावधानियाँ—**इस प्रयोग से हाइड्रोजन गैस बनाने के समय निम्नलिखित बातों को अवश्य ध्यान में रखना चाहिए :

(१) प्रयोग के समय सभी उपकरण—जैसे उत्पन्न बोतल, निकामनली तथा गैसजार वायुरोधी हों, क्योंकि हाइड्रोजन गैस वायु में उपस्थित वायुशीजन से मिलने पर विस्फोटक मिश्रण बनाता है । इसलिए, प्रयोग में पहले जाँच कर लेना आवश्यक है कि उपकरण वायुरोधी हैं या नहीं, और फिर ध्यान रखना चाहिए कि प्रयोग के समय वायु उपकरण के अंदर न जा सके । पहले जार में बोतल से कुछ वायु आ जाती है । अतः इसे इस्तेमाल नहीं करना चाहिए ।

(२) प्रयोग के समय ध्यान रखना चाहिए कि उपकरण के पास किसी प्रकार की आग न हो, नहीं तो विस्फोट होने का डर है ।

(३) थिस्लकीप का निम्न भाग प्रयोग के समय उत्पन्न बोतल के पानी में डूबा रहना चाहिए, नहीं तो हाइड्रोजन गैस बनने के बाद थिस्लकीप से होकर निकल जा सकता है ।

### हाइड्रोजन के गुण

**भौतिक गुण—**देखकर, चखकर, सूँघकर, रंग, स्वाद तथा गंध की जाँच करने से मालूम हो जाएगा कि हाइड्रोजन एक रंगहीन, गंधहीन और स्वादहीन गैस है ।

हाइड्रोजन सबसे हल्का गैस है । इस गैस से वायु ४.३ गुना भारी है । बेलून में यह गैस भर देने से वह ऊपर उठ जाता है । इसी कारण हाइड्रोजन-गैसपूर्ण पात्र का मुँह नीचे की ओर रखा जाता है और एक पात्र से दूसरे पात्र में हाइड्रोजन गैस भरते समय गैसपूर्ण पात्र के ऊपर दूसरा पात्र उलट कर पकड़ा जाता है ।

प्रयोग—एक वायुपूर्ण गैसजार को उलट कर पकड़िए और उसके मुँह के नीचे हाइड्रोजनपूर्ण एक जार को थोड़ा टेढ़ा करके पकड़िए। हाइड्रोजन नीचे के जार में निकल कर, ऊपर के जार से वायु को हटाकर उसमें भर जायगी। इससे प्रमाणित हो जाता है कि हाइड्रोजन गैस वायु से हल्का है। वायुपूर्ण जार के बजाय एक-एक करके आक्सीजन तथा कार्बन डाइ-आक्साइडपूर्ण जार लेकर परीक्षा कीजिए। देखिएगा कि इन्हें भी हटाकर हाइड्रोजन जार में भर जाता है। कोई भी गैस लेकर परीक्षा करने पर यही दिखाई पड़ेगा। इससे मालूम हो जाता है कि हाइड्रोजन गैस सबसे हल्का गैस है। असल में हाइड्रोजन ही सबसे हल्का तत्व है।

खड़ का एक मामूली गुंवारा लेकर नली की सहायता से उसमें हाइड्रोजन गैस भर दीजिए। हाइड्रोजन भर जाने के बाद गुंवारे का मुँह डोरी से कसकर बाँध दीजिए और उसे हवा में छोड़ दीजिए। देखिएगा कि गुंवारा ऊपर उठता जा रहा है। हाइड्रोजन के वायु से हल्का होने के कारण ही ऐसा होता है।

हाइड्रोजन पानी में घुलनशील नहीं है। इसलिए हाइड्रोजन बनाने के समय गैसजार में से पानी को हटाकर उसमें गैस जमा किया जाता है।

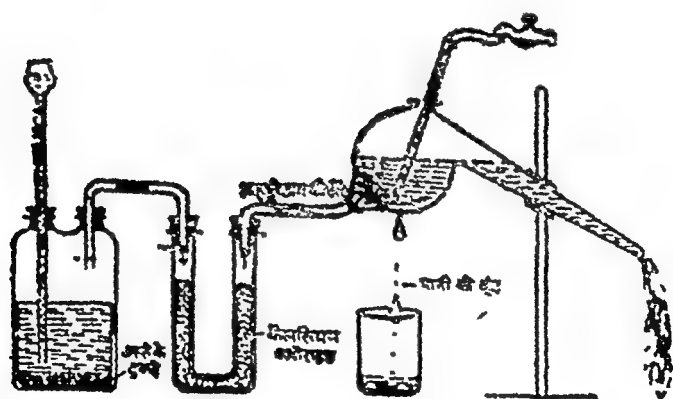
### रासायनिक गुण

हाइड्रोजन गैस स्वयं दहनशील है, किंतु वह दहन-क्रिया में सहायता नहीं करता है। अर्थात् इस गैस में आग लगा देने से यह खुद तो जलने लगता है, किंतु आग लगी हुई वस्तु इसके अंदर डाल देने से वह बुझ जाती है।

प्रयोग—एक मोमबत्ती जलाकर उसे एक हाइड्रोजनपूर्ण गैसजार के अंदर ले जाइए। देखिएगा कि जार के मुँह पर हल्की नीली रोशनी से

आग जलने लगी है, किन्तु जार के अंदर जलती हुई मोमवत्ती बुझ गई है। इससे प्रमाणित हो जाता है कि हाइड्रोजन स्वयं जलता है, किन्तु उसमें दूसरी वस्तु नहीं जल सकती। हाइड्रोजन जलते समय आक्सीजन के साथ मिलकर पानी बनाता है।

**प्रयोग—**प्रयोगशाला में जिस विधि में हाइड्रोजन बनता है, उस विधि से उत्पन्न की बोतल में हाइड्रोजन बनाइए। एक U जैसी मुड़ी हुई यू-नली में कैल्शियम क्लोराइड रखकर उसके दोनों मुँहों पर छेद वाला काग लगा दीजिए। उत्पन्न की बोतल में निकामनली कैल्शियम क्लोराइड भरी हुई नली के एक मुँह के काग के अंदर प्रवेश करा दीजिए और उसके दूसरे मुँह के काग में एक अन्य मुड़ी हुई नली लगा दीजिए। अब उत्पन्न की बोतल से हाइड्रोजन गैस निकलकर, यू-नली में आकर, कैल्शियम क्लोराइड के अंदर होकर दूसरे मुँह पर लगी हुई नली में बाहर निकलने लगेगा। कैल्शियम क्लोराइड के अंदर से आते समय हाइड्रोजन गैस पूर्णरूप से सूख



[ चित्र ३८—वायु में हाइड्रोजन के जलने से पानी बनना ]

जाता है और नली से सूखा हाइड्रोजन गैस निकलने लगता है। स्टैंड में एक रिटॉर्ट लगाकर उसे इस नली के सामने रखिए और पानी के नल से एक

नली लगाकर रिटॉर्ट के अंदर कर दीजिए, ताकि रिटॉर्ट के अंदर पानी गिरता रहे। रिटॉर्ट के नीचे एक कांच का पात्र रख दीजिए और हाइड्रोजन में आग लगा दीजिए। हलकी नीली रोशनी के साथ हाइड्रोजन जलने लगेगा। इस लौ को पानी से ठंडे किए हुए रिटॉर्ट के नीचे लगने दीजिए। देखिएगा कि रिटॉर्ट पर पानी की बूंद जम रही है और टपक-टपक कर नीचे के पात्र में जमा हो रही है। इससे मालूम हो जाता है कि हाइड्रोजन जलकर अर्थात् आवसीजन से सम्मिलित होकर पानी बनाता है।

हाइड्रोजन गैस का लिटमस पर कोई प्रभाव नहीं होता है अर्थात् यह उदासीन है, न अम्लीय है और न क्षारीय।

### हाइड्रोजन का उपयोग

१. इस गैस को धातुओं के काटने, पिघलाने या जोड़ने के लिए आवसीजन के साथ व्यवहार किया जाता है। आवसी-हाइड्रोजन-लौ का ताप बहुत अधिक होता है। आवसी-हाइड्रोजन की लौ को चूने के टुकड़ों पर टकरा कर लाइम लाइट उत्पन्न की जाती है।

२. बैलून को उड़ाने या हवाई जहाज को हल्का करने के लिए बैलून में तथा हवाई जहाजों में यह गैस भरा जाता है।

३. अनाक्सीकरण अपचयन के लिए व्यवहार किया जाता है। अर्थात् किसी वस्तु में आवसीजन अधिक हो जाने से उसे घटाने के लिए इसका व्यवहार होता है।

४. वानस्पतिक तेल को ठोस चर्बी या वनस्पति घी (डालडा आदि) में परिवर्तित करने के काम में लाया जाता है। उदाहरण के लिए, मूँगफली के तेल में अधिक दाब पर हाइड्रोजन प्रवाहित करने से, तेल का रंग तथा गंध नष्ट हो जाती है और तेल जमकर वनस्पति घी बन जाता है। इसे हाइड्रोजेनेशन कहते हैं।

## आक्सीजन, नाइट्रोजन, कार्बन-डाइ-आक्साइड तथा हाइड्रोजन के गुणों की तुलना

आक्सीजन	नाइट्रोजन	कार्बन-डाइ-आक्साइड	हाइड्रोजन
१. एक तत्त्व है ।	१. एक तत्त्व है ।	१. एक यौगिक है ।	१ एक तत्त्व है ।
२. स्वादहीन है ।	२ स्वादहीन है ।	२. बहुत हल्का अम्लीय स्वाद होता है ।	२ स्वादहीन है ।
३. गंधहीन है ।	३ गंधहीन है ।	३ बहुत हल्की अप्रिय गंध होती है ।	३. गंधहीन है ।
४. वर्णहीन है ।	४. वर्णहीन है ।	४. वर्णहीन है ।	४. वर्णहीन है ।
५. वायु से कुछ भारी है ।	५. वायु से कुछ हल्का है ।	५. वायु से काफी भारी है ।	५. वायु से बहुत हल्का है ।
६. पानी में बहुत कम घुलता है ।	६ पानी में बहुत कम घुलता है ।	६ पानी में आसानी से घुलता है ।	६ पानी में नहीं घुलता है ।
७. दहन-क्रिया में सहायता करता है । स्वयं दहनशील नहीं है ।	७. न दहन-क्रिया में सहायक है और स्वयं दहनशील है ।	७. दहन-क्रिया में सहायता नहीं करता बल्कि आग बुझाने में काम आता है । स्वयं दहनशील नहीं है ।	७. दहन-क्रिया में सहायता नहीं करता है लेकिन स्वयं दहनशील है ।

आक्सीजन	नाइट्रोजन	कार्बन-डाइ-आक्साइड	हाइड्रोजन
८. श्वास-क्रिया मे सहायक है ।	८. श्वास-क्रिया मे सहायक नहीं है—लेकिन आक्सीजन के साथ मिलकर उसे श्वास-ग्रहण-योग्य बनाता है ।	८ श्वास-क्रिया मे सहायक नहीं है ।	८. श्वास-क्रिया मे सहायक नहीं है ।
९. साफ चूने के पानी पर कोई प्रभाव नहीं होता है ।	९ साफ चूने के पानी पर कोई प्रभाव नहीं होता है ।	९ साफ चूने के पानी को दुधिया बना देता है ।	९ साफ चूने के पानी पर कोई प्रभाव नहीं होता है ।
१०. उदासीन है । लिटमस पर कोई असर नहीं पड़ता है ।	१० उदासीन है । लिटमस पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है ।	१० पानी मे घुलकर अम्ल बनाता है, नीले लिटमस को लाल बनाता है ।	१० उदासीन है । लिटमस पर कोई असर नहीं पड़ता है ।



## कठोर तथा कोमल जल

( Hard and soft water )

अधिकांश वस्तुएँ पानी में घुलती हैं। इसलिए पानी जहाँ भी होता है या जहाँ-जहाँ से बहकर निकलता है उन जगहों की बहुत-सी वस्तुएँ घुल कर पानी में मिल जाती हैं। विभिन्न स्थानों के जल के स्वाद, गुण आदि में जो अंतर पाये जाते हैं, उनका कारण यह है कि उन जगहों की मिट्टी से भिन्न-भिन्न प्रकार की वस्तुएँ पानी में मिल जाती हैं।

किसी-किसी कुएँ, तालाब या नदी के पानी में साबुन का झाग आसानी से नहीं निकलता। ऐसे पानी में कपड़ा साफ करने के लिए ज्यादा साबुन खर्च करना पड़ता है। आमतौर पर ऐसे पानी में दाल भी आसानी से नहीं गलती है। जिस पानी में आसानी से साबुन का झाग नहीं निकलता उसे कठोर जल (hard water) कहते हैं। ऐसा पानी पीने में साधारणतः खारा लगता है।

जिस पानी में आसानी से साबुन का झाग निकलता है और अल्प प्रयास से कपड़े साफ हो जाते हैं उसे कोमल जल (soft water) कहते हैं। साधारणतः यह पानी पीने में स्वादिष्ट होता है और इसलिए इसे 'मीठा जल' भी कहा जाता है।

## कठोर जल

कठोर जल में कैल्शियम वाइकार्बोनेट, मैग्नेशियम वाइकार्बोनेट, कैल्शियम क्लोराइड, कैल्शियम सल्फेट, मैग्नेशियम क्लोराइड, मैग्नेशियम सल्फेट आदि मिले हुए होते हैं। जल में मैग्नेशियम तथा कैल्शियम के तथा अन्य लवण मिल जाने से कठोरता आ जाती है और उसमें साबुन का झाग नहीं बनता।

कठोर जल में साबुन का झाग न बनने का कारण यह है कि साबुन असल में कार्बनिक अम्ल का सोडियम लवण है जो जल में घुल जाता है। साबुन और पानी के इस घोल के अंदर हवा रहने के कारण झाग बनता है। साबुन का झाग कपड़े के मैल को घुलाकर अपने में मिला लेता है और कपड़े साफ हो जाते हैं। लेकिन जल में कैल्शियम या मैग्नेशियम के लवण मिले हुए रहने पर, साबुन पानी में घुल जाने के बजाए कैल्शियम या मैग्नेशियम के

लवण के साथ प्रतिक्रिया करके कार्बनिक अम्ल का कैल्शियम या मैग्नेशियम लवण बन जाता है, जो पानी में अधुलनशील होने के कारण पानी के साथ मिलकर घोल नहीं बना पाता। इसलिए ऐसे पानी में साबुन रगड़ने पर न तो झाग ही निकलता है और न कपड़े का मैल ही घुलकर निकल पाता है। काफी साबुन रगड़ने पर जब इस्तेमाल में लाए गए पानी में मिला हुआ कैल्शियम या मैग्नेशियम के समस्त लवण कार्बनिक अम्ल का कैल्शियम या मैग्नेशियम लवण बन जाते हैं, तभी उस पानी में साबुन का झाग बनता है और उसमें कपड़े साफ होते हैं। इसलिए कठोर जल में किसी उपाय से इन लवणों को निकाल देने से पानी फिर में कोमल बन जाता है।

जल की कठोरता दो प्रकार की होती है—

(१) अस्थायी कठोरता और

(२) स्थायी कठोरता

### अस्थायी कठोरता

कुछ कठोर जल ऐसे होते हैं जिन्हें उबाल कर ठंडा करने से नीचे एक प्रकार का सफेद पदार्थ जम जाता है। इस पानी को छान लेने के बाद इसमें साबुन का झाग आसानी से निकल आता है अर्थात् उबाल लेने से ऐसे पानी की कठोरता दूर हो जाती है और वह कोमल जल बन जाता है। ऐसे पानी में कैल्शियम या मैग्नेशियम के वाइकार्बोनेट घुले हुए होते हैं। गरम करने पर घुलनशील कैल्शियम वाइकार्बोनेट या मैग्नेशियम वाइकार्बोनेट से कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस निकल जाता है और वे अधुलनशील कैल्शियम कार्बोनेट या मैग्नेशियम कार्बोनेट में परिवर्तित हो जाते हैं, जो सफेद ठोस कणों के रूप में पानी के नीचे बैठ जाते हैं।

जिस कठोर जल की कठोरता उबालने से दूर हो जाती है, उसकी कठोरता को अस्थायी कठोरता कहते हैं अर्थात् पानी में कैल्शियम वाइकार्बोनेट या मैग्नेशियम वाइकार्बोनेट की उपस्थिति से जो कठोरता आ जाती है, उसे अस्थायी कठोरता कहा जाता है।

जल की अस्थायी कठोरता निम्नलिखित उपायों से भी दूर की जा सकती है—

चूने के पानी में मिलाकर—निश्चित मात्रा में चूने का पानी मिलाने से अस्थायी कठोर जल में मिले हुए कैल्शियम वाइकार्बोनेट या मैग्नेशियम वाइकार्बोनेट अधुलनशील कैल्शियम कार्बोनेट या मैग्नेशियम कार्बोनेट में परिवर्तित हो जाते हैं। छानकर अधुलनशील ठोस पदार्थों को अलग कर देने से जल की कठोरता दूर हो जाती है।

सावधानी—आवश्यकता में अधिक चूना मिल जाने से पानी में स्थायी कठोरता आ जाती है। इसलिए चूना नियत मात्रा में ही मिलाना चाहिए।

सोडा या कास्टिक सोडा द्वारा—अस्थायी कठोर पानी में सोडा या कास्टिक सोडा ( सोडियम कार्बोनेट या सोडियम हाइड्रोक्साइड ) मिला देने से घुलनशील वाइकार्बोनेट अधुलनशील कार्बोनेट में बदल जाता है और उसे छानकर अलग करके पानी को कोमल बनाया जा सकता है।

### स्थायी कठोरता

जल में कैल्शियम क्लोराइड, मैग्नेशियम सल्फेट, मैग्नेशियम क्लोराइड, कैल्शियम सल्फेट या कैल्शियम तथा मैग्नेशियम के अन्य लवण मिले हुए होने से उसमें जो कठोरता आ जाती है वह उवालने से दूर नहीं होती। उवालने से पानी की जो कठोरता दूर नहीं होती, उसे पानी की स्थायी कठोरता कहा जाता है। केवल रासायनिक विधि से ही इसे दूर किया जा सकता है।

सोडियम कार्बोनेट या कपड़ा धोने के सोडा द्वारा—स्थायी कठोरता वाले जल में कपड़ा धोने का सोडा मिला देने से जल की स्थायी तथा अस्थायी, दोनों कठोरताएँ दूर हो सकती हैं। क्योंकि सोडा पानी में घुलकर उसमें मिश्रित क्लोराइड या सल्फेट से मिलकर सोडियम क्लोराइड तथा कैल्शियम कार्बोनेट या सोडियम सल्फेट तथा कैल्शियम कार्बोनेट बनता है। कार्बोनेट जल में नहीं घुलता और पानी के नीचे जमने लगता है। इसे छानकर निकाल देने से जल कोमल बन जाता है। सोडियम क्लोराइड या सोडियम सल्फेट पानी में घुलनशील होने के कारण उसीमें रह जाता है; लेकिन इससे पानी की कोमलता पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। इस पानी में साबुन से कपड़ा साफ किया जा सकता है; लेकिन यह पानी पीने योग्य नहीं होता।

साबुन द्वारा—हम पहले ही देख चुके हैं कि साबुन के साथ प्रतिक्रिया से कैल्शियम तथा मैग्नेशियम के घुलनशील लवण, जिनके चलते पानी में कठोरता आ जाती है, कैल्शियम या मैग्नेशियम कार्बोनेट बन जाते हैं, जो पानी में अघुलनशील होने के कारण अलग कर दिए जा सकते हैं और पानी की कठोरता दूर हो जाती है। साबुन या कपड़ा धोने के सोडा की सहायता से दोनों प्रकार की कठोरताएँ दूर की जा सकती हैं। लेकिन यह पानी भी पीने योग्य नहीं होता है।

परम्यूटिट *permutit*, विधि द्वारा—परम्यूटिट कृत्रिम जिओलाइट है। ऐसे तो जिओलाइट एक प्रकार का खनिज पदार्थ है, लेकिन परम्यूटिट के रूप में इस्तेमाल के लिए सोडियम कार्बोनेट, सिलिका और अल्यूमिना के मिश्रण को एक साथ गलाकर कृत्रिम जिओलाइट बनाया जाता है।

एक बेलनाकार पात्र में नीचे मोटा बालू और ऊपर कृत्रिम जिओलाइट या परम्यूटिट भर दिया जाता है। ऊपर से कठोर जल डालने से वह जिओलाइट के अंदर से आते समय परम्यूटिट के सोडियम के साथ प्रतिक्रिया से अघुलनशील कैल्शियम या मैग्नेशियम परम्यूटिट बन जाता है और छनकर निकलने वाला पानी कोमल हो जाता है। क्योंकि पानी में कैल्शियम या मैग्नेशियम के लवण रहने के कारण ही उसमें कठोरता होती है। इस प्रक्रिया में कैल्शियम तथा मैग्नेशियम अलग हो जाने के कारण जल कोमल बन जाता है। जल में सोडियम के लवण धुले रहेंगे, जल की कोमलता पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता।

एक गैलन पानी में ५ ग्रैन तक कैल्शियम या मैग्नेशियम के लवण रहने पर पानी कोमल बना रहता है। लवण की मात्रा इससे अधिक हो जाने से पानी कठोर हो जाता है। एक गैलन में २० ग्रैन तक लवण रहने से साधारण कठोर और उससे अधिक होने पर पानी को अति कठोर कहा जाता है।

### कठोर जल से नुकसान

पानी गरम करने की केतली के नीचे अक्सर एक सफेद रंग की पपड़ी-सी जम जाती है। अगर उसे समय पर साफ न किया गया तो थोड़े ही दिन में केतली के नीचे और दीवारों में इसकी मोटी परत जम जाती है। ऐसी

हालत में उस केतली में पानी गरम करने में अधिक समय लगता है और अधिक जलावन खर्च करना पड़ता है। कठोर जल में ठोस पदार्थ मिले रहने के कारण ही ऐसा होता है। क्योंकि हम देख चुके हैं कि कुछ घुलनशील लवण उबालने से अधुलनशील लवण में परिवर्तित हो जाते हैं और पात्र के नीचे जमने लगते हैं। साथ ही, नीचे लवण जम जाने में पात्र भी जल्द ही घिसाव हो जाता है।

भाप के इंजन से चलनेवाले कल-कारखानों में, वायलरों में पानी गरम करके भाप बनाया जाता है। कठोर जल से भाप बनाने में, केतली की तरह वायलर में भी लवणों की परत जमा हो जाती है। ऐसी हालत में यह परत गरमी को पानी तक पहुँचने में रुकावट डालती है और पानी गरम करने के लिए बहुत अधिक ईंधन खर्च करना पड़ता है। साथ ही, लवण की क्रिया में वायलर की दीवारें कमजोर हो जाती हैं और वायलर फटकर दुर्घटना हो जाने की संभावना पैदा हो जाती है।

कठोर जल में कपड़े साफ करने के लिए अधिक साबुन खर्च करना पड़ता है।

इसमें दाल देर से गलती है। इसलिए दाल पकाने में अधिक जलावन खर्च हो जाता है।

लेनकि, कई प्रकार के कठोर जल, जिनमें कैल्शियम के लवण घुले हुए होते हैं, मनुष्य के स्वास्थ्य के लिए लाभदायक होते हैं।



## धातु और अधातु

हमारी दैनिक जीवन-यात्रा के लिए धातु अत्यावश्यक है। सूई से लेकर खाने-पकाने के वर्तन आदि लगभग सभी चीजें किसी-न-किसी धातु से ही बनती हैं। जूते के नीचे लगनेवाली कील से लेकर सुन्दर-सुन्दर गहने, रेल, मोटर, हवाई जहाज, बड़े-बड़े कल-कारखाने आदि धातुओं से ही बनाये जाते हैं। सही माने में कहा जा सकता है कि मानव-समाज की सभ्यता का इतिहास धातुओं के साथ संपूर्ण रूप से जुड़ा हुआ है।

अत्यंत प्राचीन काल से ही हमारे देश में नाना प्रकार की धातुओं का प्रचलन था। धातु-विद्या में प्राचीन भारत कितना अग्रसर था—दिल्ली के कुतुबमीनार के पास का लौह-स्तंभ आज भी उसका साक्षी बनकर खड़ा है।

लोहा, सोना, चाँदी, ताँबा, अल्युमिनियम, प्लैटिनम, क्रोमियम आदि कितनी ही साधारण तथा विरल धातुएँ किसी-न-किसी रूप में सर्वदा हमारे काम में आ रही हैं। प्रत्यक्ष रूप से धातुओं से न बनने पर भी लकड़ी की चीजें, कपड़े-लत्ते, कागज आदि सभी का बनना धातु-निर्मित औजार या कल-पुर्जों पर निर्भर है। रंग, इत्र, फिल्म, दवाई आदि भी नाना प्रकार के कल-पुर्जों की ही देन हैं। अतः धातु को, सभ्य मनुष्य का, जन्म से लेकर मृत्यु तक, प्रति मुहूर्त का सहचर कहा जा सकता है।

### धातुओं तथा अधातुओं में अंतर

हम पहले पढ़ चुके हैं कि तत्त्व दो प्रकार के होते हैं—धातु तथा अधातु। धातुओं तथा अधातुओं का उनके भौतिक गुणों और रासायनिक गुणों के आधार पर भेद किया जाता है। किन्तु इस प्रकार के भेद में भी कुछ-न-कुछ अपवाद पाये जाते हैं।

## (क) भौतिक गुणों के आधार पर अंतर

धातु	अधातु
<p>धातु साधारण ताप पर ठोस अवस्था में पायी जाती है। अपवाद—पारा, जो साधारण ताप पर द्रव अवस्था में पायी जाती है।</p>	<p>अधिकतर अधातु साधारण ताप पर गैसीय तथा ठोस अवस्था में पाई जाती है। आक्सीजन, हाइड्रोजन, नाइट्रोजन आदि गैसीय अवस्था में तथा कार्बन, गंधक, सिलिकन, आयोडिन, फास्फोरस आदि—ठोस अवस्था में होते हैं। अपवाद—ब्रोमीन, जो साधारण ताप पर द्रव अवस्था में पाया जाता है।</p>
<p>धातुओं में एक प्रकार की चमक होती है जिसे धातव-चमक (Metallic lustre) कहा जाता है। साफ करके धातुओं को बहुत चमकदार बनाया जा सकता है।</p>	<p>अधातुओं में इस प्रकार की कोई चमक नहीं होती है। अपवाद—ग्रेफाइट और आयोडीन।</p>
<p>आपेक्षिक घनत्व अधिक होता है। अपवाद—मोडियम, पोटेशियम आदि।</p>	<p>आपेक्षिक घनत्व कम होता है।</p>
<p>धातु प्रकाश का प्रबल परावर्तन करती है।</p>	<p>अधातु प्रकाश का दुर्बल परावर्तन करती है।</p>
<p>धातु ऊष्मा तथा विद्युत् का सुचालक है। अपवाद—सीसा।</p>	<p>अधातु ऊष्मा तथा विद्युत् का कुचालक है। अपवाद—ग्रेफाइट, जो विद्युत् का सुचालक है। हाइड्रोजन अधातु होते हुए भी ऊष्मा का सुचालक है।</p>

धातु

धातु दृढ़ होती है और इसे पीट कर चादर का रूप दिया जा सकता है। अपवाद—एन्टीमनी, आर्सेनिक, विसमय।

धातु को हथौड़ा आदि से पीटने से एक प्रकार की ध्वनि निकलती है, जो धातव-ध्वनि (Metallic sound) कहलाती है।

अधातु

अधातु दृढ़ नहीं होता है और इसे पीट कर चादर का रूप नहीं दिया जा सकता।

अधातु को पीटने पर धातव-ध्वनि नहीं निकलती है।

(ख) रासायनिक गुणों के आधार पर अंतर

धातु के आक्साइड क्षारीय होते हैं। अर्थात् अगर धातु के आक्साइड को पानी में घोलकर लिटमस पर घोल का प्रभाव देखा जाए तो वह घोल लाल लिटमस को नीला बना देता है। अपवाद—क्रोमियम और मँगनीज के क्षारीय आक्साइड के अतिरिक्त अम्लीय आक्साइड भी होते हैं।

धातु साधारणतः अम्लो में घुलती है और इस रासायनिक प्रतिक्रिया के फलस्वरूप हाइड्रोजन गैस निकलता है।

धातु हाइड्रोजन के साथ साधारणतः यौगिक नहीं बनाती है और जो भी धातु के हाइड्राइड होते हैं वह अस्थायी होते हैं।

वैद्युत-अपघटन में धातु ऋणाग्र (cathode) पर ही जमा होती है, अर्थात् धातु धन-विद्युतीय (electro-positive) तत्त्व है।

अधातु के आक्साइड अम्लीय होते हैं। इनके आक्साइड को पानी में घालने से अम्ल बनता है, जो नीले लिटमस को लाल बना देता है।

अधातु प्रायः अम्लो में नहीं घुलती है और न अम्ल के प्रभाव से इनसे हाइड्रोजन गैस ही निकलता है।

अधातु आसानी से हाइड्रोजन के साथ स्थायी हाइड्राइड बनाती है।

वैद्युत अपघटन में ये प्रायः धनाग्र (anode) पर इकट्ठी होती हैं। अर्थात् ये ऋण-विद्युतीय (Electro-negative) तत्त्व हैं।



## खनिज

प्रकृति में धातु तत्त्व के रूप में मुक्त तथा संयुक्त, दोनों अवस्थाओं में पायी जाती है। उदाहरण के लिए सोना, चाँदी, प्लेटिनम, पारा आदि मुक्त अवस्था में और प्रायः बाकी सभी—जैसे सोडियम, कैल्शियम, मीना, लोहा आदि—योगिक रूप में पाए जाते हैं। धातुओं के योगिक, जिनके साथ अशुद्धियाँ मिली रहती हैं और जो पृथ्वी के भीतर पान में पाए जाते हैं, खनिज (Minerals) कहलाते हैं। खनिज केवल धातुओं के योगिक ही नहीं होते हैं। बहुत-से खनिज अधातुओं के योगिक भी होते हैं। माधारणतः पान में अर्थात् भू-पृष्ठ के नीचे में जो भी शुद्ध या अशुद्ध योगिक या तत्त्व निकाले जाते हैं वे खनिज के नाम से पुकारे जाते हैं।

आदि काल से ही भारतवर्ष नाना प्रकार के खनिजों के लिए प्रसिद्ध है। अब देश में औद्योगिक विकास के साथ-साथ नई-नई पानों का पता लग रहा है और उनसे देश समृद्धशाली बनना जा रहा है। खनिज के अध्ययन के लिए इन्हें तीन श्रेणियों में बाँटा जाता है। वे हैं—

- (१) धातु खनिज,
- (२) अधातु खनिज,
- (३) ईंधन खनिज।

## धातु खनिज

धातुओं के वे योगिक, जो अशुद्धियों के साथ मिली हुई अवस्था में प्रकृति में पाए जाते हैं—उन्हे धातु खनिज कहते हैं। जिन खनिज पदार्थों से धातु का निकालना आसान तथा व्यापारिक दृष्टि से लाभदायक होता है, उन्हे अयस्क (Ore) कहते हैं। नाना प्रकार के अयस्कों में विभिन्न धातुएँ कई रूपों में पायी जाती हैं। जैसे—

१. आक्साइड के रूप में—चाँदी, ताँवा, ऐल्युमिनियम, टीन, मैगनीज आदि।

२. सल्फाइड के रूप में—चाँदी, ताँवा, शीशा, जस्ता, पारा आदि।

३. कार्बोनेट के रूप में—कैल्शियम, मैगनेशियम आदि।

४. नाइट्रेट के रूप में—सोडियम और पोटेशियम।

### अधातु खनिज

भारत में कई तरह के अधातु खनिज भी पाए जाते हैं जैसे—अभ्रक (Mica), मोनाजाइट वालू (Monazite sand), ग्रेनाइट, एसवेस्टस, जिप्सम (Gypsum), पाइराइटिज (Pyrites) आदि ।

#### अभ्रक (Mica, अवरख)

ससार-भर का सर्वोत्तम अभ्रक बिहार में मिलता है । अभ्रक-उत्पादन में भारत का स्थान ससार में सर्वप्रथम है । बिहार के अलावा द्रावनकोर, मैसूर और राजस्थान में भी अभ्रक पाया जाता है ।

#### मोनाजाइट वालू (Monazite sand)

यह द्रावनकोर में पाया जाता है और इससे थोरियम नामक तत्व मिलता है । थोरियम एक बहुमूल्य तत्व है, जिससे अणुशक्ति का उत्पादन होता है ।

#### पाइराइटिज (Pyrites)

इस अयस्क से गंधक प्राप्त होता है । बिहार में भी गंधक का खनिज मिलता है ।

### ईंधन खनिज

कुछ ऐसे खनिज हैं जिनसे जलाने की वस्तु या ईंधन प्राप्त होती है । भारत में दो प्रमुख ईंधन खनिज पाए जाते हैं—(१) कोयला तथा (२) पेट्रोलियम ।

#### कोयला

भारत के ईंधन-खनिजों में कोयला का महत्त्व सबसे अधिक है । बिहार में भारत का ८० प्रतिशत कोयला प्राप्त होता है । केवल झरिया-क्षेत्र में ही ५८ प्रतिशत कोयला निकलता है । झरिया-क्षेत्र के अलावा बिहार में रामगढ़, चन्द्रपुरा, बोकारो, गिरीडीह आदि और कई प्रमुख कोयला-उत्पादन के क्षेत्र हैं । बंगाल में भी कई कोयला-उत्पादन-क्षेत्र हैं जिनमें रानीगंज, भासनसोल-क्षेत्र प्रमुख है । उड़ीसा, हैदराबाद और मध्यप्रदेश में भी कोयला पाया जाता है ।

## पेट्रोलियम

इस खनिज को भू-तैल (Mineral oil) कहा जाता है। भारत के असम राज्य के डिगवोई-क्षेत्र में बहुत दिनों से पेट्रोलियम निकाला जा रहा है। हाल में ज्वालामुखी, काम्बे आदि स्थानों में पेट्रोलियम मिलने लगा है। बंबई के निकटस्थ समुद्र के तल में भी पेट्रोलियम के भंडार प्राप्त हुए हैं। पेट्रोलियम शुद्ध करके किरासन तेल, डिजल, पेट्रोल आदि प्राप्त होता है। पेट्रोलियम को शुद्ध करने की क्रिया में पेरॉफिन, नैपथा आदि भी प्राप्त होते हैं। बिहार-राज्य के बरौनी में पेट्रोलियम शुद्ध करने का एक बड़ा कारखाना बनाया गया है।

## धातु-विज्ञान (Metallurgy)

धातुओं को उनके अयस्कों में निकालने की क्रिया को धातु निष्कर्षण या धातुकर्म कहते हैं। इसकी कई प्रक्रियाएँ हैं। खनिज के साथ प्रायः मिट्टी या पत्थर मिला रहता है जिसे गैंग (Gangue) या मैट्रिक्स (Matrix) कहते हैं। इस मैट्रिक्स से अयस्क को पहले अलग करना होता है। इस क्रिया को सांद्रण (Concentration) कहते हैं।

### सांद्रण

सांद्रण से अयस्क शुद्ध हो जाता है। सांद्रण कई प्रकार से किया जाता है—  
(१) भारात्मक (२) ज्ञान द्वारा पृथक्करण (३) चुम्बकीय पृथक्करण। इन विधियों से शुद्ध या सांद्र अयस्क प्राप्त होता है। सांद्र अयस्क से विभिन्न विधियों से धातु निकाली जाती है।

## मिश्र धातु (Alloys)

मिश्र धातु दो या अधिक धातुओं के या एक धातु और दूसरे अधातु के मिश्रण से बनती है। साधारण भाषा में इसे अशुद्ध धातु कहा जाता है। पीतल, काँसा, जर्मन सिल्वर आदि मिश्र धातु हैं।

मिश्र धातु के गुण अवयवी धातुओं के माध्यमिक गुण नहीं हैं बल्कि उनसे भिन्न होते हैं।

मिश्र धातु अपने अवयवी धातुओं से कठोर होती है जैसे—चाँदी और सोना में ताँबा मिलाने से मिश्रण की कठोरता बढ़ जाती है। मिश्र धातु की

दृढता भी अधिक होती है। इस्पात में निकल मिलाने से मिश्रण अधिक दृढ़ तथा शक्तिशाली बन जाता है। मिश्र धातु का द्रवणांक उसमें मिश्रित धातुओं के द्रवणांक से कम ही रहता है। इसलिए धातुओं का द्रवणांक कम करने के लिए भी मिश्र धातु बनाई जाती है। मिश्र धातुओं के रासायनिक गुण भी अवयवी धातुओं के रासायनिक गुणों से भिन्न होते हैं। मिश्र धातु की घुलनशीलता भी कम हो जाती है।

संसार में जितनी शुद्ध धातुएँ पाई जाती हैं— उससे कई गुना अधिक मिश्र धातुएँ तैयार की जाती हैं।

### मिश्र धातु बनाने की विधियाँ

(१) गलाकर—इस क्रिया में दो या अधिक धातुओं को निश्चित अनुपात में साथ-साथ गलाया जाता है और गलित अवस्था में कोयले के टुकड़ों के साथ हिलाकर आवरण द्वारा ढक दिया जाता है जिससे आक्सीकरण न होने पाए और ठंडा होने पर उचित पदार्थ प्राप्त हो सके। पीतल, काँसा आदि मिश्र धातुएँ इसी विधि से बनाई जाती हैं।

(२) उच्च दाब के प्रभाव से—निश्चित मात्रा में शीशा, टीन, विस्मथ तथा कैडमियम मिलाकर उच्च दाब से दबाकर एक मिश्र धातु बनती है जिसे ऊड्स मेटल (Woods metal) कहा जाता है।

(३) विद्युत् द्वारा विसर्जित करके—ताँवे और जस्ते को विद्युत् द्वारा साथ-साथ विसर्जित करने से पीतल बनता है।

## धातु

### ताँवा (Copper)

ताँवा, चाँदी और सोने को मुद्रा धातु भी कहा जाता है। क्योंकि प्राचीन काल से ही इन धातुओं का व्यवहार मुद्रा (सिक्के) बनाने के लिए होता आ रहा है। इसके अतिरिक्त ताँवा और कुछ हद तक चाँदी भी हमारे दैनिक उपयोग के नाना प्रकार वस्तुओं आदि के निर्माण में प्राचीन काल से प्रयुक्त होती आ रही है। अति प्राचीन काल से ही भारत में ताँवे का व्यवहार प्रचलित है। उन दिनों की ताम्र-निर्मित मूर्तियाँ तथा नाना प्रकार के पात्र आदि प्राचीन भारत की उच्च सभ्यता के परिचयक के रूप में हमारे सामने वर्तमान हैं। प्रागैतिहासिक युग में भी मनुष्य ताँवे के अस्तित्व का पता लगा चुका था और इसका उपयोग करने लगा था।

ताँवा एक तत्त्व है। इस धातु का रासायनिक संकेत Cu है। इसका रासायनिक नाम क्यूप्रम (Cupram) है। कहा जाता है कि साइप्रस के एक टापू में इस धातु के अधिक परिमाण में पाये जाने के कारण ग्रीको ने उस टापू के नाम पर इस धातु का नाम क्यूप्रम रखा था।

### उपस्थिति

ताँवा मुक्त तथा अमुक्त, दोनों अवस्थाओं में मिलता है। मुक्त अवस्था में ताँवा, उत्तरी अमेरिका की सुपीरियर झील के पास, साइबेरिया के यूराल पर्वत में आस्ट्रेलिया, मैक्सिको, चीन तथा असम में पाया जाता है।

ताँवा अधिकतर मुक्त अवस्था में पाया जाता है और पृथ्वी के अनेक स्थानों में इसका निष्कर्षण (Extraction) होता है। बिहार में घाटशिला के पास ताँवे की खानें हैं तथा वहाँ भारतीय कॉपर कारपोरेशन के कारखाने में आधुनिक विधि से इसका निष्कर्षण होता है। राजस्थान में भी इसकी खानें हैं।

## ताँवे के गुण

### भौतिक गुण

शुद्ध ताँवे का रंग विशेष प्रकार का चमकदार लाल ( ताम्र वर्ण ) होता है। यह धातु ऊष्मा तथा विद्युत् का सुचालक होती है। विद्युत् के सुचालक होने में इसका स्थान चाँदी के नीचे ही है। यह आघातवर्द्धनशील या तन्य (ductile) होती है तथा इससे आसानी से तार खींचा जा सकता है। ताँवे का आपेक्षिक घनत्व ८.६३ है। यह  $1083^{\circ}\text{C}$  पर पिघलता है।

### रासायनिक गुण

ताँवा निष्क्रिय धातु है। अतः शुष्क वायु तथा साधारण पानी, साधारण ताप पर, इसपर कोई असर नहीं डालते हैं। लेकिन वायु में नमी होने से उसमें उपस्थित कार्बन-डाइऑक्साइड ताँवे पर असर डालकर उस पर एक हरे रंग का भास्मिक कार्बोनेट की पर्त जमा देता है। पर इस पर्त के नीचे ताँवा संपूर्ण रूप से सुरक्षित रह जाता है। साधारण ताप पर तनु सल्फ्यूरिक या तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्लों की इसपर क्रिया नहीं होती है। लेकिन तनु नाइट्रिक अम्ल में ताँवा घुलता है। अधिक गरम अवस्था में आक्सीजन, क्लोरिन आदि के साथ प्रतिक्रिया से आक्साइड, क्लोराइड आदि बनते हैं।

### ताँवे का उपयोग

वर्तमान युग में ताँवे का सर्वप्रधान उपयोग विद्युत्-संबंधी यंत्रादि तथा वैद्युतिक तार बनाने में होता है। विद्युत् का सुचालक होने के कारण पृथ्वी में उत्पादित ताँवे का लगभग आधा भाग विद्युत्-उद्योग में खर्च होता है। पुराने समय से लेकर आज तक सिक्के और वरतन बनाने के लिए भी इसका इस्तेमाल होता है। आभूषण तथा मूर्तियाँ बनाने में भी यह काम आता है। इलेक्ट्रोप्लेटिंग (Electroplating), इलेक्ट्रोटाइपिंग (Electrotyping) में ताँवे का व्यवहार होता है। इनके अलावा बहुत-सी अत्यावश्यक मिश्र-धातुओं के लिए यह प्रधान अवयवी धातु है। नीचे ताँवे की कुछ मिश्र-धातुओं का वर्णन दिया जा रहा है।

(१) पीतल (Brass)—पीतल चमकदार पीले रंग का होता है। वरतन आदि बनाने में काम आता है। ६० से ८० प्रतिशत ताँवा और ४० से

२० प्रतिशत जस्ता मिलाकर पीतल बनाया जाता है। जस्ते की मात्रा अधिक होने से पीतल कड़ा हो जाता है और कम रहने से मुलायम होता है।

(२) काँसा (Bronze)—चमकदार होता है तथा आसानी से पालिश हो जाता है। बरतन और मूर्तियाँ बनाने में इसका इस्तेमाल होता है। इसमें ७५ से ९० प्रतिशत तक ताँबा और २५ से १० प्रतिशत टिन होता है।

(३) गन मेटल (Gun metal)—अत्यंत कड़ा होता है। तोप आदि बनाने में काम आता है। इसमें ८७ प्रतिशत ताँबा, १० प्रतिशत टिन और ३ प्रतिशत जस्ता होता है।

(४) बेल मेटल (Bell metal)—८० प्रतिशत ताँबा और २० प्रतिशत टिन मिलाकर बनता है। इसकी ध्वनि मधुर होने के कारण इससे घंटा आदि बनाया जाता है।

(५) जर्मन सिल्वर (German silver)—चमकदार, सफेद और कड़ा होता है। बरतन आदि बनाने में प्रधानतः काम आता है। ५० प्रतिशत ताँबा, २५ प्रतिशत जस्ता और २५ प्रतिशत निकल मिलाकर बनाया जाता है।

इसके अलावा और कई प्रकार की मिश्र धातुएँ तथा नाना प्रकार के ब्रांज—जैसे फास्फोरस-ब्रांज, मैंगनीज-ब्रांज, अल्युमीनियम-ब्रांज आदि बनाने में ९८.७५ प्रतिशत से लेकर ८८ प्रतिशत ताँबे की आवश्यकता होती है। मशीन आदि बनाने के लिए ब्रांज अत्यावश्यक मिश्र धातु है। ताँबे के यौगिकों में क्यूपरिक सल्फेट या कॉपर सल्फेट (Coppersulphate) सबसे महत्वपूर्ण है। साधारण भाषा में इसे तूतिया या नीला थोथा कहते हैं।

अल्प गरम तनु गंधकाम्ल को क्यूपरिक आक्साइड या क्यूपरिक कार्बोनेट के साथ प्रतिक्रिया से तूतिया प्राप्त होता है। सांद्रित गंधकाम्ल के साथ ताँबे की कतरन गरम करने से सल्फर डाइआक्साइड गैस और क्यूपरिक सल्फेट का घोल तैयार होता है। क्रिस्टलन द्वारा इस घोल से तूतिया मिलता है। व्यापार के लिए बड़े पैमाने पर तूतिया इस प्रक्रिया से बनता है।

तूतिया एक व्यापारिक वस्तु है। इसका उपयोग प्रधानतः दवा बनाने में, कीड़े-मकोड़े मारनेवाली औषधियाँ बनाने में, कपड़ों की रंगाई-बपाई

आदि में, ताँवा शुद्ध करने में, इलेक्ट्रोप्लेटिंग आदि में, विद्युत्-सेल बनाने में तथा अन्य बहुत-से कामों में होता है ।

### लोहा

मनुष्य ने लोहे का व्यवहार कब से सीखा यह तो कहना कठिन है, किन्तु यह सही है कि प्रागैतिहासिक काल में ही मनुष्य ने लोहे का आविष्कार कर लिया था और अयस्क से लोहा प्राप्त करने लगा था । शुरु में लोहे का प्रयोग प्रधानतः शिकार तथा युद्ध के अस्त्रादि बनाने के लिए होता था । किन्तु वर्तमान युग में मनुष्य-जीवन के हर पहलू के साथ लोहे का कुछ-न-कुछ संबंध अवश्य ही रहता है । आज किसी भी देश की समृद्धि उस देश में उत्पादित लोहे के परिमाण पर बहुत हद तक निर्भर करती है । यह एक तत्त्व है और इसका रासायनिक संकेत Fe है ।

### लोहे का अयस्क

प्रकृति में लोहा काफी मात्रा में मौजूद है । भू-पृष्ठ का लगभग ४.५ भाग लोहा है । समस्त जीवित पदार्थों में लोहा पाया जाता है । लाल रक्त-कणों में तथा हरी पत्तियों में भी लोहा होता है । किन्तु प्रकृति में लोहा मुक्तावस्था में बहुत ही कम मिलता है । कहीं-कहीं उल्कापातित लोहा (Meteoritic iron) पाया जाता है और ग्रीनलैंड में बहुत अल्प मात्रा में मुक्त लोहा भी पाया जाता है ।

लोहा साधारणतः यौगिक रूप में मिलता है जिसे लौह अयस्क (Iron ore) कहते हैं । बिहार-राज्य के सिंहभूम जिले में लोहे की कई बड़ी-बड़ी खानें हैं । बिहार-राज्य के जमशेदपुर और बोकारो में अयस्क से लोहा बनाने के बड़े-बड़े कारखाने हैं ।

अयस्क से साधारणतः पहले ढलवाँ लोहा बनाया जाता है और फिर उससे पिटवाँ लोहा तथा इस्पात बनाए जाते हैं ।

### लोहे का गुण

(१) ढलवाँ लोहा या बूँदा (Cast iron or pig iron)—इस लो में सबसे अधिक अशुद्धियाँ मिली रहती हैं और कार्बन की मात्रा २ से ४ प्रतिशत होती है । यह कड़ा होता है पर साथ ही भंगुर भी होता है । इस



कारण इसे पीट कर कोई वस्तु नहीं बनाई जा सकती है। इसके द्रवणांक कम होने के कारण इसको ढाल कर विभिन्न वस्तुएँ बनाई जाती हैं। इनमें जल्दी जंग नहीं लगता और इसलिए पानी निकालने की नलियाँ आदि बूँदा लोहे से बनती हैं। इससे स्थायी चुंबक नहीं बनता।

(२) पिटर्वा लोहा या नरम लोहा (**Wrought iron**)—इसमें कार्बन की मात्रा केवल ०.१२ से ०.२५ तक होती है। ढलवाँ लोहे को शुद्ध करके इसे बनाया जाता है। यह लोहा नरम होता है तथा इसे पीट कर इससे नाना प्रकार की वस्तुएँ बन सकती हैं। इससे भी स्थायी चुंबक नहीं बनता है। लेकिन विद्युत् चुम्बक (**Electro magnet**) बनाने में नरम लोहे का ही इस्तेमाल होता है।

(३) इस्पात (**Steel**)—इसमें ०.२ से लेकर १.५ प्रतिशत कार्बन होता है। इसका गुण कार्बन की मात्रा पर निर्भर करता है। कार्बन जितना कम होगा, इस्पात उतना ही पीटने योग्य नरम होगा। कार्बन की मात्रा जितनी अधिक होगी इस्पात उतना ही कठोर और भंगुर होगा।

लाल गरम इस्पात को एकाएक पानी या तेल में डुबा कर ठंडा करने से उसकी कठोरता बढ़ जाती है और साथ ही उसकी भंगुरता भी बढ़ जाती है। वस प्रक्रिया को पानी चढ़ाना (**Tempering or heat treatment**) कहते हैं। पानी चढ़ाए हुए इस्पात को विभिन्न समय तक विभिन्न ताप पर गरम करके और धीरे-धीरे ठंडा करके उसकी भंगुरता दूर की जाती है। इस्पात लोहे का सबसे उपयोगी रूप है। इससे स्थायी चुम्बक बनाया जा सकता है।

### लोहे की मिश्र धातु

इस्पात में क्रोमियम, निकेल, मँगनीज आदि अल्प मात्रा में मिला देने से उसमें नाना प्रकार के विशेष गुण उत्पन्न हो जाते हैं। लोहे की कुछ मुख्य मिश्र धातुएँ इस प्रकार हैं :—

क्रोमियम इस्पात या स्टेनलेस स्टील (**Stainless steel**)—इसमें साधारणतः ११.५ से १२ प्रतिशत क्रोमियम मिलाया जाता है। यह धातु चमकदार उजली होती है। इसमें जंग लगता है और न अम्ल की ही क्रिया होती है। साथ ही यह बहुत कड़ी होती है। इससे बॉल-बियरिंग, ब्लेड, डाक्टरी औजार, नाना प्रकार के वरतन आदि बनते हैं।

**निकल इस्पात** :—इसमें ३.५ प्रतिशत निकल होता है। इससे धातु में अत्रिक लचीलापन हो जाता है। इसमें जंग भी कम लगता है। विजली के तार, धुरे, हवाई जहाज आदि के कई अंश, कवच प्लेट (Armour plate) आदि इससे बनाये जाते हैं।

**मैनगनीज इस्पात**—१२ से १५ प्रतिशत तक मैनगनीज के सम्मिश्रण से यह मिश्र धातु बनती है। यह बहुत कड़ी और कम घिसनेवाली धातु है। इसका मुख्य उपयोग रेल की पटरी, मजबूत तिजोरी, पत्थर तोड़ने के यंत्रादि बनाने के लिए होता है।

**टंगस्टन इस्पात** :—इसमें १४ से २० प्रतिशत टंगस्टन मिलाया जाता है। यह मिश्र धातु अत्यंत कड़ी और मजबूत होती है। इससे अधिक तेजी से चलनेवाले औजार, काटनेवाले औजार, स्प्रिंग आदि बनते हैं।

**इनवार इस्पात** —इस्पात में ३ से ६ प्रतिशत निकल मिलाकर इस धातु को बनाया जाता है। ऊष्मा से इसका प्रसारण बहुत ही कम होता है। इससे घड़ी के दोलक (Pendulum) की छड़े, लम्बाई नापने के स्केल आदि बनाए जाते हैं।

**लोहे के यौगिक (Iron compounds)**—व्यापारिक दृष्टि से लोहे के यौगिकों में फेरस सल्फेट (Ferrous sulphate) या हरा थोथा प्रधान है।

### ऐल्युमिनियम (Alluminium)

ऐल्युमिनियम एक नित्य प्रयोजनीय धातु है। आजकल प्रायः प्रत्येक घर में बरतन आदि के रूप में ऐल्युमिनियम का व्यवहार होता है। इसके चूर्ण को अलसी के तेल में मिलाकर जो रंग बनता है उसका लेप लगा देने से धातु पर जंग नहीं लगता और वह सक्षारित नहीं होती है। इसका रासायनिक संकेत Al है। यह भी एक तत्त्व है।

प्रकृति से ऐल्युमिनियम युक्त अवस्था में काफी मात्रा में है। भू-पृष्ठ का लगभग ७.३ भाग इस धातु से बना है। किन्तु ऐल्युमिनियम कहीं भी मुक्त अवस्था में नहीं पाया जाता। प्रकृति में निम्नलिखित यौगिकों के रूप में यह पाया जाता है—

(१) ऑक्साइड—लाल, नीलम, कुरड पत्थर (Carundum stone) ( $Al_2O_3$ ) आदि।

(२) हाइड्रेटेड ऑक्साइड—डायसपोर (diaspore) ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )  
बौक्साइट (Bauxite) ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) ।

(३) फ्लोराइड—क्रायोलाइट (Cryolite) ( $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$ ) ।

(४) सिलिकेट—फेल्स्पार (Felspar), काओलिन (Kaolin), चीनी मिट्टी (China clay), टूरमेलीन (Tourmaline), अवरख (Mica) आदि ।

(५) सल्फेट—एल्युनाइट या एल्मस्टोन ।

साधारणतः बौक्साइट से ऐल्युमिनियम निकाला जाता है । बिहार राज्य के राँची जिले में प्रचुर परिमाण में बौक्साइट मिलता है और मूरी में ऐल्युमिनियम बनाने का बड़ा कारखाना है । इसके अलावा हमारे देश के मध्यप्रदेश, बंबई, मद्रास, कश्मीर आदि राज्यों में भी बौक्साइट मिलता है । संयुक्तराष्ट्र अमेरिका, फ्रांस तथा आयरलैंड में प्रचुर परिमाण में बौक्साइट मिलता है ।

### ऐल्युमिनियम के गुण

यह हल्की धातु है । इसका रंग हल्का नीलापन लिए हुए सफेद होता है । ऐल्युमिनियम ऊष्मा तथा विद्युत् का सुचालक है । यह  $650^\circ\text{C}$  पर पिघलता है ।

ऐल्युमिनियम पर शुष्क वायु की कोई प्रतिक्रिया नहीं होती है किन्तु आर्द्रवायु से इसपर आक्साइड की हल्की तह जम जाने से इसकी चमक मलीन हो जाती है । शुद्ध पानी का शुद्ध ऐल्युमिनियम पर कोई प्रभाव नहीं होता है । नमक मिले हुए पानी में व्यावसायिक ऐल्युमिनियम क्षारित होता है ।

ऐल्युमिनियम पर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की प्रतिक्रिया से हाइड्रोजन प्राप्त होता है । कॉस्टिक सोडा के गरम घोल में इस धातु को घुलाने से सोडियम अल्यूमिनेट बनता है तथा हाइड्रोजन निकलता है । आक्सीजन में ऐल्युमिनियम जलाने से तीव्र प्रकाश तथा ताप उत्पन्न होता है ।

उपयोग—(१) हल्का होने के कारण हवाई जहाज बनाने का ऐल्युमिनियम एक प्रधान उपकरण है ।

(२) यह ऊष्मा और विद्युत् का सुचालक होने के कारण जहाज, मोटर आदि के इंजन बनाने में तथा बिजली के तार बनाने में काम आता है।

(३) ऐल्युमिनियम पर वायु का असर बहुत कम होता है। इसलिए ऐल्युमिनियम के चदरों से मकान की छतें, दरवाजे तथा खिड़कियाँ आदि बनाई जाती हैं।

(४) यह वरतन आदि बनाने के काम में लाया जाता है।

(५) इसके चूर्ण को तीसी के तेल में मिलाकर चमकीला, सफेद रंग बनाया जाता है, जो साधारणतः ऐल्युमिनियम पेंट के नाम से बाजार में पाया जाता है। इस पेंट का लेप लोहे पर लगा देने से उसमें जंग नहीं लगता तथा संक्षारित नहीं होता है।

(६) ऐल्युमिनियम से नाना प्रकार की मिश्र धातुएँ बनती हैं जो हमारे लिए बहुत उपयोगी हैं।

(७) प्रकृति में पाए जानेवाले अधिकतर बहुमूल्य रत्न इस धातु के यौगिक हैं।

### ऐल्युमिनियम का मिश्र धातु

ऐल्युमिनियम से कई अत्यंत उपयोगी मिश्र धातुएँ बनती हैं। उनमें कुछ मुख्य मिश्र धातुओं का वर्णन नीचे दिया जा रहा है :—

#### ऐल्युमिनियम ब्रांज (Alluminium bronze)

इस मिश्र धातु में ताँबा ८७.६ प्रतिशत और ऐल्युमिनियम १२.१ प्रतिशत होता है। इसका रंग सुनहरा होता है तथा यह संक्षारित नहीं होती है। इससे कई देशों में सिक्के बनाए जाते हैं। वरतन तथा सस्ते गहने आदि भी इससे बनते हैं।

#### ड्यूरैलुमिन (Duralumin)

यह मिश्र धातु हलकी तथा मजबूत होती है तथा संक्षारित नहीं होती है। हवाई जहाज बनाने में इसका उपयोग होता है। इसमें ९५ प्रतिशत अल्युमिनियम, ०.५ प्रतिशत मैंगनेशियम, ४ प्रतिशत ताँबा और ०.५ प्रतिशत मैंगनीज होता है। यह अल्युमिनियम की सबसे महत्त्वपूर्ण मिश्र धातु है।

### मैगनेलियम (Magnalium)

यह मिश्र धातु भी काफी मजबूत होती है तथा इसे खरादा जा सकता है। इससे मशीन के पुरजे बनते हैं। इसमें १२ प्रतिशत तक मैगनेशियम रहता है।

### निकालॉय (Nickeloy)

ऐल्युमिनियम ६५ प्रतिशत, ताँबा ४ प्रतिशत और निकल १ प्रतिशत के मिश्रण से यह मिश्र धातु बनती है। यह बहुत हल्की तथा मजबूत होने के कारण हवाई अहाज बनाने में अधिक व्यवहृत होती है।

### मिश्र धातु

इसमें ६२.५ प्रतिशत ऐल्युमिनियम, ४ प्रतिशत ताँबा, २ प्रतिशत निकल और १.५ प्रतिशत मैगनेशियम होता है। यह मिश्र धातु संक्षारण-विरोधी, मजबूत तथा हल्की होती है। इसे पिघलाकर साँचे में ढाली जा सकती है। इंजन के पिस्टन आदि बनाने के काम में आती है।

### ऐल्युमिनियम के यौगिक

#### ऐल्युमिनियम ऑक्साइड

पुखराज (Topaz), लाल (Ruby), नीलम (Sapphire), एमरी (Emery) आदि प्रकृति में पाए जानेवाले बहुत से बहुमूल्य रत्न असल में ऐल्युमिनियम ऑक्साइड के ही विभिन्न रूप हैं। इसलिए ऐल्युमिनियम ऑक्साइड या अल्युमिना से ऐल्युमिनियम लवण आदि बनाने के अलावा कृत्रिम रत्नादि भी बनाये जाते हैं।

#### ऐल्युमिनियम सल्फेट

अल्युमिना या ऐल्युमिनियम हाइड्रॉक्साइड को गरम गंधकाम्ल में घोलकर क्रिस्टलन द्वारा यह प्राप्त होता है। व्यापारिक रूप से इसे बनाने के लिए चीनी मिट्टी के बारीक चूर्ण को गंधकाम्ल के साथ गरम करके फिर पानी में घोला जाता है और उस घोल से क्रिस्टलन द्वारा ऐल्युमिनियम सल्फेट प्राप्त किया जाता है। कपड़े रँगने तथा छापने के लिए पक्का रंग बनाने में, बमडा पकाने में, पानी साफ करने में, आग बुझाने के यंत्रों में, कागज बनाने की प्रक्रिया आदि में इसका प्रयोग होता है।

## फिटकिरी (Alum)

पोटैशियम तथा ऐल्युमिनियम का भु्रम सल्फेट होने के कारण इसे मिश्र लवण (Double salt) कहते हैं। व्यापारिक तौर पर साधारण फिटकिरी बनाने के लिए फिटकिरी पत्थर (Alum stone) या अल्युनाइट (Alunite) को बारीक पीसकर तनुगंधकाम्ल के साथ उबाला जाता है। फिर इसे छानकर पोटैशियम सल्फेट मिला दिया जाता है इस घोल से क्रिस्टलव द्वारा फिटकिरी प्राप्त होती है।

कटे हुए स्थान से खून निकलना बम्ब करने के लिए फिटकिरी का इस्तेमाल होता है। ऐल्युमिनियम सल्फेट जिन कामों में आता है— फिटकिरी भी जगभग उन सभी कामों में व्यवहृत होती है।



## अघातु

### कार्बन

प्रकृति में जितनी चीजें मिलती हैं उनमें लगभग सभी में कुछ-न-कुछ मात्रा में कार्बन है। समस्त सजीव पदार्थों में कार्बन एक मुख्य तत्त्व है। पृथ्वी में असंख्य वस्तुएँ हैं, जो सजीव पदार्थों के सड़ने-गलने तथा जलने से पैदा होती हैं—इसलिए उनमें भी कार्बन होता है। कार्बन के यगिकों की संख्या भी बहुत ही अधिक है। कार्बन का रासायनिक संकेत C है।

प्रकृति में कार्बन मुक्तावस्था में तथा यौगिक अवस्था में मिलता है। मुक्तावस्था में कार्बन प्रधानतः दो तरह के होते हैं—क्रिस्टलीय (Crystalline) और अक्रिस्टलीय (Amorphous)।

### हीरा

हीरा संसार में सबसे कठोर पदार्थ है। यह पृथ्वी की सबसे मूल्यवान वस्तुओं में से एक है। प्राचीन काल से आभूषण के रूप में हीरे का उपयोग होता आ रहा है। कोहिनूर हीरा, होप हीरा आदि कई हीरे अपने विचित्र इतिहास के लिए संसार-भर में प्रसिद्ध हैं।

### उपस्थिति

इन दिनों सबसे अधिक मात्रा में हीरा दक्षिण तथा पूर्व अफ्रीका में प्राप्त होता है। इन स्थानों के अलावा आस्ट्रेलिया, ब्राजील सोवियत संघ तथा भारत में भी हीरा पाया जाता है। कहा जाता है कि मुगल बादशाहों के समय राँची के पहाड़ों में भी हीरा मिलता था।

### गुण

हीरा कार्बन का शुद्ध रूप है। इसमें ९९.५ प्रतिशत कार्बन होता है। शुद्ध हीरा रंगहीन पारदर्शी होता है। लेकिन कुछ हीरे लाल, नीले, गुलाबी, हरे आदि रंगों के भी होते हैं। हीरे में रंग, उसमें उपस्थित विभिन्न

अशुद्धियों के कारण ही होता है। बोर्ट (Bort) तथा कार्बोनाडो (Carbonado) नाम के काले और भूरे रंग के हीरे भी मिलते हैं। हीरा जितना ही रंगहीन होगा, उसकी कीमत उतनी ही अधिक होगी। अधिकतर हीरे के रंग में थोड़ा-सा पीलापन होता है।

हीरे का क्रिस्टल घनाकार (Cubical) तथा अष्टफलक (Octohedral) होता है। प्राकृतिक हीरे को काटकर इसे इच्छानुसार रूप दिया जाता है।

हीरा विद्युत् तथा ऊष्मा का कुचालक होता है। नमी, हवा, पानी आदि का न तो इसपर कोई प्रभाव ही होता है और न किसी द्रव में यह घुल ही जाता है। ऑक्सीजन में या हवा में इसे गरम करने से कार्बन-डाइऑक्साइड गैस बनता है। पोटेशियम डाइक्रोमेट तथा गंधकाम्ल के मिश्रण के साथ  $200^{\circ}\text{C}$  पर गरम करने से भी कार्बन-डाइऑक्साइड गैस बनता है।

प्राकृतिक हीरा एक्स-किरण (X-ray) के लिए पारदर्शी होता है। कांच एक्स-किरण के लिए पारदर्शी नहीं होता है। इसलिए असली तथा नकली हीरे को एक्स-किरण की सहायता से बहुत आसानी से पहचाना जा सकता है।

### कृत्रिम हीरा

वैज्ञानिकों ने प्रयोगशाला में भी हीरा बनाने की विधि का आविष्कार कर लिया है। लेकिन यह हीरा बहुत छोटा होता है और इसे बनाने में इतना खर्च होता है कि व्यापारिक दृष्टि से इसका कोई महत्त्व नहीं है।

वैज्ञानिक मोयसों (Moissan) के द्वारा किये गए प्रयोग के अनुसार कृत्रिम हीरा बनाने के लिए एक पात्र में शुद्ध लोहे और कोयले को मिलाकर गरम किया जाता है। तापमान  $3500^{\circ}\text{C}$  से  $4000^{\circ}\text{C}$  हो जाने पर लोहा गल जाता है और उस द्रव के अंदर कोयला मिल जाता है। इसके बाद  $327^{\circ}\text{C}$  तापमान पर पिघले हुए सीसे (lead) के अंदर पात्र को डालकर एकाएक ठंडा किया जाता है। एकाएक ठंडा होने की क्रिया में लोहे का ऊपरी हिस्सा ठंडा होकर ठोस हो जाता है और भीतर के द्रव पर दाब बढ़ता जाता है। इस ऊष्मा और दाब से अंदर मिले हुए कोयले का कुछ अंश हीरा तथा कुछ अशुद्ध ग्रेफाइट बन जाता है। लोहे को हाइड्रोजनोक्सीजनिक अम्ल द्वारा



बचाकर अलग कर लिया जाता है और पात्र में हीरा तथा ग्रेफाइट बचा रहता है जो अंत में निकाल लिया जाता है।

उपयोग—आभूषण आदि बनाने के अलावे हीरे का अन्य व्यापारिक उपयोग भी होता है। हीरे से कांच काटने तथा उनमें छेद करने के औजार बनते हैं। कुछ यंत्र बनाने के लिए विशेषकर पत्थरो की चट्टान में छेद करने के यंत्र—ड्रिल—बनाने के लिए हीरे का व्यवहार होता है।

### ग्रेफाइट (Graphite)

ग्रेफाइट साधारणतः काले रंग का होता है। यह चिकना, मुलायम तथा नमकदार होता है। इसके क्रिस्टल षट्कोणीय (Hexagonal) होते हैं। इसको घिसने से काला दाग पड़ जाता है और यह बहुत ही आसानी से घिसा भी जाता है। इस गुण के कारण पेंसिल बनाने के लिए ग्रेफाइट का व्यवहार होता है। नमी, वायु आदि का इसपर प्रभाव नहीं पड़ता है। अधिक तापमान पर आक्सीजन के संस्पर्श में आने से इससे कार्बन-डाइऑक्साइड गैस बनता है। लेकिन गरम करने पर ग्रेफाइट पिघलता नहीं है। ग्रेफाइट विद्युत् का सुचालक है।

### उपस्थिति

प्राकृतिक ग्रेफाइट लंका, दक्षिण भारत, इटली, रूस के साइबेरिया प्रांत, अमेरिका आदि देशों में अधिक मात्रा में मिलता है।

ग्रेफाइट से लिखने की पेंसिल बनाने के अलावा, विद्युत् के सुचालक होने के कारण, इससे इलेक्ट्रोड्स (Electrodes) बनते हैं। टार्च की बॅटरी बनाने में इसका इस्तेमाल होता है। दुर्गलनीय (ताप से न गलनेवाला) होने के कारण इससे घड़िए (क्रूसिबल्स—Crucibles) बनाये जाते हैं। यंत्रों के चलायमान अंशों को घिसने से बचाने के लिए यह स्नेहक (Lubricant) का काम करता है तथा लोहे को जंग लगने से बचाने के लिए भी ग्रेफाइट का प्रयोग होता है।

### कृत्रिम ग्रेफाइट

ग्रेफाइट कृत्रिम उपाय से भी बनाया जाता है। इन दिनों साधारणतः ग्रेफाइट बनाने के लिए एचिसन प्रक्रिया (Acheson process) काम में

लाई जाती है। बालू और कोयले के चूर्ण को विद्युत् भट्टी में, उच्च तापमान पर तीस घंटे तक गरम करके कृत्रिम ग्रेफाइट बनाया जाता है।

### अक्रिस्टलीय कार्बन

अक्रिस्टलीय कार्बन के प्रधान तीन रूप होते हैं—कोयला (Charcoal), कजली (Lamp black) और पत्थर कोयला (Coal)।

### कोयला

कोयला कई प्रकार का होता है—(१) लकड़ी का कोयला, (२) चीनी कोयला, (३) अस्थि कोयला तथा (४) रक्त कोयला।

### लकड़ी का कोयला

लकड़ी का कोयला या काष्ठ-कोयला लकड़ी का सीमित हवा में जलाकर बनाया जाता है। बड़े पैमाने पर लकड़ी का कोयला बनाने के लिए हवा आने-जाने का रास्ता रखकर लकड़ी का ढेर लगाया जाता है और उसे ऊपर से मिट्टी, घास आदि से ढँक दिया जाता है। लकड़ी जलकर जब अंगारे का रूप ले लेती है और उससे नीली शिखाएँ निकलने लगती हैं, उस समय हवा आने-जाने के रास्ते को बन्द करके उसे बुझा दिया जाता है। इस प्रकार, समय पर बुझा देने से अंगारे राख होने के बजाए कोयला बन जाते हैं।

काष्ठ-कोयला बनाने की यह रीति बहुत पुराने समय से प्रचलित है। आजकल लकड़ी के शुष्क आसवन या विच्छेदक आसवन (Dry or destructive distillation) से भी काष्ठ-कोयला बनाया जाता है। इस प्रक्रिया में काष्ठ-कोयले के साथ-साथ काष्ठ-राल (Woodtar), काष्ठ-गैस तथा अन्य कई पदार्थ मिलते हैं। वस्तु को वायु की अनुपस्थिति में बंद पात्र के अंदर उत्पन्न करके विभिन्न पदार्थों में विभाजित करने की क्रिया को शुष्क या विच्छेदक आसवन कहते हैं।

शुष्क आसवन के लिए लोहे के बड़े-बड़े रिटार्टों या बक यंत्रों में लकड़ी को रखकर उसे काफी देर तक (लगभग  $400^{\circ}\text{C}$  तापमान पर) गरम किया जाता है। इस प्रकार से बंद जगह में जलने से लकड़ी में से कोई भी पदार्थ हवा में



## अस्थि-कोयला

अस्थि-कोयला पाने के लिए हड्डियों को ठीक से साफ करके शुष्क आसवन किया जाता है। आसवन से मिले हुए कोयले को हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (Hydrochloric acid) से साफ करके शुद्ध कार्बन प्राप्त किया जाता है। इसका इस्तेमाल कारखाने में चीनी साफ करने के लिए किया जाता है।

## रक्त-कोयला

रक्त-कोयला रक्त के शुष्क आसवन द्वारा प्राप्त होता है।

### कजली (Lamp black or soot)

जिन वस्तुओं में कार्बन की मात्रा अधिक होती है उन्हें जलाते समय उनसे काला-काला धुआँ निकलता है। जलते समय जितनी कम हवा लगेगी, धुआँ उतना ही अधिक निकलता है। इस धुएँ पर कोई वस्तु रखने से उसमें कालिख लग जाती है। इस प्रकार की कालिख को जमा करके कजली बनाई जाती है। आँखों में लगानेवाला काजल, सरसों के तेल के जलते हुए दीप पर, काजलदान रखकर बनाया जाता है। कजली स्याही बनाने के काम में आती है।

### पत्थर-कोयला (Coal)

पत्थर-कोयले को खनिज कोयला भी कहा जाता है। इसे खानों से काट कर बाहर निकाला जाता है। भारतवर्ष के बिहार-राज्य में सबसे अधिक पत्थर-कोयला मिलता है।

सही माने में पत्थर-कोयले को कार्बन का एक रूप नहीं कहा जा सकता है, क्योंकि इसमें मुक्त कार्बन की मात्रा कम होती है। अधिक मात्रा में कार्बन इसमें संयुक्त रूप में ही रहता है। फिर भी इसमें सब मिलाकर ६०% से ६५% तक कार्बन रहता है और इसलिए इसे कार्बन ही माना जाता है।

पत्थर-कोयला भी लकड़ी के कोयले जैसी वनस्पति से ही बनता है। लाखों-लाख साल पहले जो पेड़-पौधे किसी प्राकृतिक दुर्घटना के कारण मिट्टी के नीचे दब गये थे, वे भूगर्भ के अंदर उच्च ऊष्मा और उच्च दाब के कारण धीरे-धीरे अपघटित होकर कोयला बन गए हैं। पेड़-पौधे जितने अधिक दिन

तक मिट्टी के नीचे दबे रहेंगे उनका अपघटन उतना ही अधिक होगा और उसमें कार्बन की मात्रा बढ़ती जाएगी। कार्बन की मात्रा के हिसाब से पत्थर-कोयले को निम्नलिखित चार प्रधान भागों में विभाजित किया जा सकता है :—

१. पीट (Peat) :—इसमें कार्बन की मात्रा लगभग १७% से ६०% होती है। इसे साधारणतः इस्तेमाल नहीं किया जाता है।

२. भूरा कोयला (Brown coal or lignite) :—इसमें लगभग ६०% से ६७% तक कार्बन होता है। इसे जलाने में इस्तेमाल किया जाता है। इसको जलाने से ऊष्मा कम निकलती है और राख अधिक।

३. बिटुमिनस कोयला (Bituminous coal) :—यह साधारण कोयला है। इसमें लगभग ८१% कार्बन रहता है। इस कोयले से कोक (Cok-) और कोल गैस (Coal gas) बनाए जाते हैं।

४. एन्थ्रासाइट कोयला (Anthracite coal) :—उसमें कार्बन की मात्रा सबसे अधिक होती है—लगभग ९४ प्रतिशत। यह चमकदार, काला और कड़ा होता है और इसे जलाने से राख तथा धुआँ बहुत कम निकलता है।

पत्थर-कोयला सम्यक् समाज की एक नित्य प्रयोजनीय वस्तु है। ईंधन के रूप में घरों में खाना पकाने में लेकर रेल, जहाज, कल-कारखाने आदि चलाने के लिए इसकी आवश्यकता होती है। इसके उपोत्पादों (Byproducts) से बहुत तरह की चीजें बनती हैं।

विच्छेदक आसवन द्वारा, बड़े पैमाने पर कोक और कोल गैस बनाते समय बक्यंत्रों के ऊपरी भाग में कालिख-सी जम जाती है। इसे गैस कार्बन (Gas carbon) कहते हैं। यह लगभग शुद्ध कार्बन होता है तथा विद्युत् और ऊष्मा का सुचालक होने के कारण इसे टार्च आदि की बँटरी बनाने में इस्तेमाल किया जाता है।

पत्थर-कोयले का शुष्क या विच्छेदक आसवन

बंद पात्र में,  $1000^{\circ}\text{C}$  से  $1400^{\circ}\text{C}$  तापमान पर कोयले का शुष्क या विच्छेदक आसवन करने पर निम्नलिखित वस्तुएँ मिलती हैं :—

१. कोल गैस—मुख्यतः यह ईंधन के रूप में जलाने के काम में लाया जाता है। यह कार्बन-मनोआक्साइड, हाइड्रोजन, मिथेन इत्यादि कई गैसों

का सम्मिश्रण है। यह गैस रंगहीन है। बहुत-से स्थानों में इससे बत्ती भी जलाई जाती है।

२. कोलतार या अलकतरा (Coal tar)—इससे कई प्रकार के रंग, दवाएँ, सुगंधियाँ तथा वेजिन आदि बनते हैं। इससे सड़क बनानेवाला पिच (Pitch) भी बनता है। यह काले रंग का गाढ़ा द्रव होता है। लकड़ी, बाँस, लोहा, पीतल आदि को पानी, नमी आदि के प्रभाव से बचाने के लिए उनपर इसका लेप लगाया जाता है। कोलतार लकड़ी आदि को दीमक लगने से भी बचाता है।

३. अमोनियम द्रव (Ammonical liquor)—इस रंगहीन द्रव से मुख्यतः अमोनिया गैस बनाया जाता है। साथ ही, इससे अमोनियम सल्फेट नाम का रासायनिक खाद तथा नौसादर भी बनता है।

४. कोक—यह कई प्रकार के धातुओं के अयस्क से धातु-निष्कर्षण के लिए काम आता है। साथ ही इसे ईंधन के रूप में भी व्यवहार किया जाता है।

कोलतार का आंशिक आसवन (Fractional distillation) करने से निम्नलिखित चीजें मिलती हैं :—

१.  $50^{\circ}\text{C}$  से  $170^{\circ}\text{C}$  के बीच हल्का तेल (Light Oil) मिलता है। इससे मुख्यतः वेजिन बनाया जाता है।

२. और अधिक तापमान पर अर्थात्  $170^{\circ}\text{C}$  से  $230^{\circ}\text{C}$  के बीच मध्य तेल या कार्बोलिक अम्ल (Middle Oil or Carbolic acid) मिलता है। यह फिनाइल तथा नैपथलीन बनाने में काम आता है।

३. तापमान और बढ़ाने पर यानी  $230^{\circ}\text{C}$  से  $270^{\circ}\text{C}$  के बीच भारी तेल या क्रियोजोट तेल (Heavy oil or Creosote oil) मिलता है। इससे क्रिसोल (Cresole) मिलता है।

४. अंत में  $270^{\circ}\text{C}$  से  $360^{\circ}\text{C}$  तापमान के बीच एंथ्रासीन या हरा तेल (Anthracene oil or Green oil) मिलता है।

५. अवक्षेप के रूप में पीच (Pitch) मिलता है। इससे मुख्यतः सड़क बनाई जाती हैं।

हम देखते हैं कि प्रकृति में कार्बन एकाधिक रूप में मिलता है। इनके भौतिक तथा रासायनिक गुणों में बहुत अंतर रहने के बावजूद ये सब कार्बन तत्त्व के ही विभिन्न रूप हैं। तत्त्वों के इस प्रकार के एकाधिक रूप को उनके अपररूप (Allotrope) कहते हैं। इस प्रकार हीरा, ग्राफाइट, कोयला तथा पत्थर-कोयला कार्बन के अपररूप हैं। कार्बन के सभी अपररूपों में कार्बन के गुण पाए जाते हैं। ये सब कम तापमान पर अक्रिय और हवा में जलने से कार्बन-डाइऑक्साइड गैस बनाते हैं। अधिक तापमान पर ये सभी धातुओं के साथ कार्बाइड और गंधक के साथ कार्बन-डाइसल्फाइड बनाते हैं। इन बातों से प्रमाणित होता है कि ये सब कार्बन के ही विभिन्न रूप हैं।

### गंधक (Sulphur)

गंधक एक बहुप्रचलित अधातु तत्त्व है। गंधक का इस्तेमाल पुराने जमाने से होता आ रहा है। प्राचीन भारत, रोम तथा ग्रीक-साहित्य में गंधक का वर्णन पाया जाता है। सबसे पहले इसका इस्तेमाल दवा बनाने के लिए होता था। बाद में बारूद का आविष्कार होने पर इसका मुख्य प्रयोग बारूद बनाने में होने लगा। इसका रासायनिक संकेत S है।

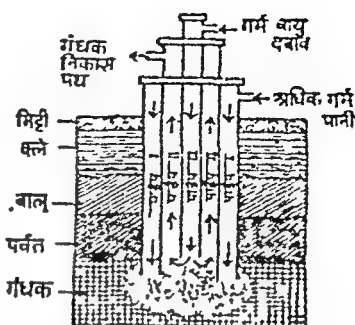
प्रकृति में गंधक मुक्त तथा यौगिक, दोनों अवस्थाओं में मिलता है। वलूचिस्तान के सामरी नामक स्थान में जमीन के नीचे से गंधक निकाला जाता है। इटली, जापान, सिसली आदि देशों में भी ज्वालामुखी पहाड़ों के आस-पास गंधक मुक्तावस्था में मिलता है। इनके अलावा बहुत-से खनिजों के अयस्कों में यौगिक अवस्था में गंधक मिलता है। अडा, सरसो के तेल, प्याज, लहसुन आदि में भी गंधक यौगिक अवस्था में मौजूद रहता है।

### गंधक-उत्पादन

सिसली, जापान आदि स्थानों में गंधक निकालने के लिए ढलवा स्थान पर इसको जमा करके आग लगा दी जाती है। आग से ऊपर का गंधक जल जाता है और नीचे का गंधक पिघलकर एक गढ़े में जमा होता है। इसमें ३ से ५ प्रतिशत अशुद्धियाँ रहती हैं और इसे कच्चा गंधक (Crude sulphur) कहते हैं।

मिट्टी के नीचे से गंधक निकालने के लिए फ्रास प्रक्रिया (Frasch process) नाम की विधि से काम लिया जाता है। इसमें पाँच संकेंद्रीय नल

(Concentric Pipes) युक्त एक यंत्र का जमीन के भीतर घँसाकर गंधक की तह तक पहुँचा दिया जाता है। इस यंत्र के बाहरी नली से अति तप्त ( $180^{\circ}\text{C}$ ) पानी को अत्यधिक दाब से नीचे भेजा जाता है। फिर बीच के नल से गरम हवा के झोंके अंदर भेजे जाते हैं और हवा के दाब से गर्म पानी से पिघला हुआ गंधक मध्य नल के दोनों बगल के नली से होकर बाहर निकल आता है। इस विधि से निकाला गया गंधक ९९.५ प्रतिशत शुद्ध होता है। अमेरिका के लूसियाना में इस विधि से गंधक निकाला जाता है।



[ चित्र ४०—फ्रास विधि से गंधक निकालने का यंत्र ]

### बेलनाकार गंधक

कच्चे गंधक को आसवन द्वारा शुद्ध किया जाता है। आसवित गंधक को द्रव अवस्था में ही बेलनाकार साँचो में डालकर ठंडा किया जाता है। इस प्रकार से प्राप्त गंधक को बेलनाकार गंधक (Roll Sulphur) कहते हैं।

### गंधक का गुण और उपयोग

गंधक एक ठोस पदार्थ है। इसका रंग साधारणतः पीला होता है। यह विद्युत् तथा ऊष्मा का कुचालक होता है। गंधक पानी में नहीं घुलता है, लेकिन कार्बन-डाइसल्फाइड, अलकोहल, ईथर, बेजिन तथा तारपीन में घुल जाता है। शुष्क हवा का इसपर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है; लेकिन आर्द्र हवा में गंधक-चूर्ण रखा रहने से धीरे-धीरे वह गंधकाम्ल में परिवर्तित होता रहता है।

बारूद, दियासलाई, नाना प्रकार की औषधियाँ, कीटाणुनाशक दवाएँ, विरंजक तथा नाना प्रकार के औद्योगिक रासायनिक पदार्थ बनाने में गंधक काम आता है।

गंधक पर ऊष्मा का विचित्र प्रभाव पड़ता है। गरम करने पर पहले  $130^{\circ}\text{C}$  ताप पर गंधक पिघलकर पीले रंग का बहनेवाला द्रव बन जाता है। लेकिन अधिक तप्त होने पर धीरे-धीरे यह काला होता जाता है और



गाढा होने लगता है।  $230^{\circ}\text{C}$  तापमान पर पहुँचकर यह लगभग ठोस और काला बन जाता है।  $230^{\circ}\text{C}$  तापमान से अधिक तप्त होने पर गंधक फिर से पिघलने लगता है।  $440^{\circ}\text{C}$  तापमान पर यह उबलने लगता है और इससे बादामी लाल रंग का वाष्प निकलने लगता है।

**गंधक के अपररूप (Allotropic modifications of sulphur)**

गंधक के दो क्रिस्टलीय तथा दो अक्रिस्टलीय—ये चार प्रधान अपररूप होते हैं।

**क्रिस्टलीय—**(१) रॉम्बिक या अष्ट फलकीय गंधक (Rhombic or octahedral sulphur) तथा (२) प्रिज्मीय या एकनताक्ष गंधक Prismatic or monoclinic Sulphur)।

**अक्रिस्टलीय** (१) लचीला गंधक (Plastic Sulphur) तथा (२) दुधिया गंधक (Milk Sulphur)।

गंधक के इन चारो अपररूपों को सम परिमाण में लेकर हवा में जलाने से सम परिमाण में सल्फर-डाइऑक्साइड गैस मिलता है। इससे प्रमाणित हो जाता है कि ये चारो एक ही गंधक के अपररूप हैं।

**सल्फर-डाइऑक्साइड (sulphur dioxide)**

गंधक से बने पदार्थों में सल्फर-डाइऑक्साइड गैस एक प्रमुख पदार्थ है। यह एक व्यापारिक महत्त्व का पदार्थ है। सर्वप्रथम वैज्ञानिक प्रीस्टले ने पारे के साथ सांद्रित गंधकाम्ल गरम करके इसे प्राप्त किया था। उन्होंने इसका नाम विट्रियोलिक अम्ल वायु (Vitriolic acid air) दिया। इसके कई साल बाद विख्यात फ्रांसीसी वैज्ञानिक लावोसिये ने इसे बनाने वाले तत्वों का पता लगाया और तब से इसका नाम सल्फर-डाइऑक्साइड पड़ा। इसका रासायनिक सूत्र  $\text{SO}_2$  है।

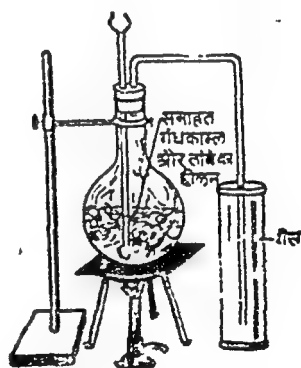
प्रकृति में सल्फर-डाइऑक्साइड गैस ज्वालामुखी से निकले हुए गैसों में मिलता है। गंधक-युक्त कोयला जलाने से जो धुआँ निकलता है उसमें यह गैस मिलता है। इस कारण से कल-कारखाने से पूर्ण शहरों की वायु में यह गैस मिलता है। ज्वालामुखी पहाड़ी के इलाकों के झरनों के पानी में भी कभी-कभी यह गैस घुला हुआ रहता है।

### सल्फर-डाइऑक्साइड गैस बनाना

गंधक को हवा या ऑक्सीजन में जलाने से सल्फर-डाइऑक्साइड गैस मिलता है। सांद्रित गंधकाम्ल को ताँवे, चाँदी, गंधक, कोयले तथा पारे के साथ गरम करने से भी सल्फर-डाइऑक्साइड गैस निकलता है। व्यवसायिक उद्योग के लिए बड़े पैमाने पर सल्फर-डाइऑक्साइड गैस बनाने के लिए गंधक या लौह-अयस्क को विशेष प्रकार के पात्र में जलाया जाता है।

प्रयोगशालाओं में सल्फर-डाइऑक्साइड गैस निम्नलिखित उपाय से बनाया जाता है—

प्रयोग—एक फ्लास्क में थोड़ी-सी ताँवे की कतरन डाल दीजिए और उसके मुँह पर दो छिद्रयुक्त एक काग लगाकर एक छिद्र में एक थिस्लकीप और दूसरे छिद्र में एक मुड़ी हुई निकासनली लगा दीजिए। निकासनली का दूसरा सिरा एक गैसजार में डाल दीजिए। अब थिस्लकीप की सहायता से फ्लास्क में सांद्रित गंधकाम्ल डालिए। ब्याल रखना पड़ेगा कि सांद्रित गंधकाम्ल से ताँवे की कतरन ढँक जाए और थिस्लकीप का निचला भाग उसमें डूबा हुआ रहे। अब फ्लास्क को गरम कीजिए। थोड़ी देर में अंदर का द्रव काला हो जाएगा और गैस निकलने लगेगी। इस समय आग को फ्लास्क के नीचे से हटा लीजिए। सल्फर-डाइऑक्साइड गैस वायु से भारी होने के कारण निकासनली से निकल कर गैसजार के अंदर की वायु को हटाकर उसमें भर जाएगा। जार गैस से भरा है या नहीं यह जानने के लिए उसके मुँह के पास एक जलती हुई सीक ले जाइए। अगर वह बुझ जाती है तो समझना चाहिए कि जार गैस से भर गया है। कई जारों में गैस भरकर इसके गुणों की परीक्षा कीजिए।



[ चित्र ४१—प्रयोगशाला में सल्फर-डाइऑक्साइड बनाना ]

### सल्फर-डाइऑक्साइड के गुण

सल्फर-डाइऑक्साइड गैस का कोई रंग नहीं होता है। यह एक जहरीला गैस है। इसकी गंध से खाँसी आने लगती है तथा दम घुटने लगता

है। इसके असर से आँख को भी तकलीफ पहुँचती है। इस पर दबाव डालकर या बरफ तथा नमक के मिश्रण में ठंडा करके इसको द्रव अवस्था में लाया जा सकता है।

यह पानी में अच्छी तरह घुल जाता है। पानी के साथ इसका घोल अम्लीय होता है। जलपूर्ण पात्र में गैस भरे हुए एक गैसजार को उलटकर रखिए। पहले उसमें पानी नहीं चढ़ेगा। लेकिन बाद में धीरे-धीरे गैसजार में पानी चढ़ जाएगा। इससे पता चल जाता है कि यह गैस पानी में घुलनशील है; अब इस पानी में नीला लिटमस डालने पर वह लाल हो जाएगा। इससे प्रमाणित होता है कि पानी और सल्फर-डाइ-आक्साइड का घोल अम्लीय है।

यह गैस न तो खुद जलता है और न दहन-कार्य में सहायता ही करता है। जलती हुई लकड़ी को गैसजार में डालिए। देखिएगा कि वह बुझ जाएगी और गैस में भी आग नहीं लगेगी। किंतु इसके अंदर मैग्नेशियम, सोडियम, पोटेशियम आदि जलते हैं।

यह गैस पोटेशियम परमैंगनेट तथा फेरिक-डाइक्लोराईड के घोल को रंगहीन बना देता है और पोटेशियम-डाइक्रोमेट के घोल को हरा बना देता है।

यह गैस कार्वनिक पदार्थों को विरंजित कर देता है। फूलों को भिगाकर इस गैस में डालने से उनका रंग उड़ जाता है। लेकिन फूलों को निकालकर हवा में रख देने से, आक्सीजन मिल जाने के कारण, फिर उनका रंग लौट आता है।

सल्फर-डाइऑक्साइड का जलीय घोल गंधकाम्ल है। यह एक प्रमुख व्यापारिक पदार्थ है।

उपयोग—सल्फर-डाइ-ऑक्साइड गैस का प्रयोग प्रधानतः गंधकाम्ल बनाने के लिए, ऊन, रेशम आदि के विरंजन (Bleaching) के लिए, चीनी-शोधन तथा विरंजन के लिए, प्रशीतन (Refrigeration) के लिए, कीटाणुनाश के लिए तथा चमड़ा नरम करने और पकाने के लिए होता है। द्रव सल्फर-डाइ-ऑक्साइड मिट्टी के तेल के शोधन के काम में आता है।

## कुछ यौगिक

### सोडियम क्लोराइड

सोडियम क्लोराइड या साधारण नमक, जिसे हम रोज इस्तेमाल करते हैं, समुद्र तथा कुछ बड़ी-बड़ी झीलों के पानी में घुला हुआ मिलता है और साधारणतः समुद्र या इन झीलों के पानी को सुखाकर इसे प्राप्त किया जाता है। इस प्रकार से मिलनेवाले नमक में अन्य अशुद्धियाँ मिली हुई होती हैं; जिन्हें साफ करके इसे खाने लायक बनाया जाता है। खनिज लवण या सेंधा नमक के रूप में भी यह पाया जाता है।

सोडियम क्लोराइड एक रंगहीन, क्रिस्टलीय ठोस पदार्थ है। इसमें कोई गंध नहीं होती है। इसका स्वाद नमकीन होता है। यह पानी में आसानी से घुल जाता है तथा अति आर्द्रताग्राही है। ऊष्मा से इसके रंग, स्वाद आदि में कोई परिवर्तन नहीं होता है। जलने से इससे सुनहरी लौ निकलती है।

इसका मुख्य उपयोग खाद्य के रूप में होता है। कॉस्टिक सोडा, हाइड्रोक्लोरिक अम्ल आदि बनाने में इसका प्रयोग होता है। इसका रासायनिक सूत्र  $\text{NaCl}$  है। अर्थात् इसके एक अणु में सोडियम के एक और क्लोरिन का एक परमाणु होता है।

### हाइड्रोक्लोरिक अम्ल

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के लवण काफी मात्रा में प्रकृति में पाए जाते हैं। सोडियम क्लोराइड (साधारण नमक), मैग्नेशियम क्लोराइड, पोटेशियम क्लोराइड आदि यौगिकों के रूप में यह अम्ल मिलता है।

सर्वप्रथम ग्लौबर (Glauber) नाम के एक वैज्ञानिक ने साधारण नमक के साथ गंधकाम्ल मिलाकर गरम करके लवण द्वारा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल प्राप्त किया था। इसे नमक का अम्ल भी कहा जाता है। मनुष्य के शरीर के अंदर आमाशय के पाचनरस में ०.२ से ०.४ प्रतिशत हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मिश्रित रहता है। इससे भोजन पचने में सहायता मिलती है।

### हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के गुण

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल हाइड्रोजन क्लोराइड गैस और पानी का घोल है। इसलिए दोनों का गुण एक ही है।

हाइड्रोजन क्लोराइड गैस वायु में भारी, रंगहीन तथा तीक्ष्ण गंधवाली गैस है। यह गैस नमूँतो जलती है और न जलने में सहायता ही करती है। आर्द्र वायु के संपर्क से यह सफेद धुआँ देती है। पानी में यह अत्यंत घुलनशील है; इसलिए इससे भी अभोनिया जैसा फीव्वारा प्रयोग किया जा सकता है। इसका जलीय घोल अम्लीय (हाइड्रोक्लोरिक अम्ल) होने के कारण नीले लिटमस को लाल कर देता है।

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल कार्बोनेट का विभाजन कर देता है तथा कार्बन-डाइ-ऑक्साइड बनाता है। धातुओं के ऑक्साइड तथा हाइड्रो-ऑक्साइडों के साथ क्रिया करके लवण और पानी बनाता है। मैंगनीज डाइ-ऑक्साइड, पोटैशियम परमैंगनेट तथा लेड-डाइ-ऑक्साइड आदि के साथ इसकी क्रिया से क्लोरीन बनता है।

### अम्लराज (Aquaregia)

सांद्रित हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ सांद्रित नाइट्रिक अम्ल ३ : १ के अनुपात से मिला देने से अम्लराज बनता है। अम्लराज में सोना, प्लैटिनम आदि लगभग सभी धातु घुल जाती हैं।

### हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का उपयोग

यह एक व्यापारिक वस्तु है। कपड़ा रँगने, छापने तथा चमड़ा पकाने और रँगने में इसका इस्तेमाल होता है। कई प्रकार की दवा बनाने के लिए भी इसकी आवश्यकता होती है। प्रयोगशालाओं में इसे एक प्रधान प्रतिकारक (Reagent) के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। अम्लराज बनाने के लिए इसकी आवश्यकता होती है।

### शोरा (Saltpetre or potassium nitrate)

भारतवर्ष में कई स्थानों की मिट्टी में शोरा मिला हुआ पाया जाता है। चीली देश में, सोडियम नाइट्रेट या चीली शोरा के रूप में बहुत अधिक परिमाण में मिलता है। चीली शोरे के साथ पोटैशियम क्लोराइड मिलाकर

शोरा (potasium nitrate) बनाया जाता है। इस क्रिया से साधारण नमक (Sodium chloride) भी बनता है।

शोरा, सफेद रंग का गंधहीन, क्रिस्टलीय तथा तेज नमकीन स्वाद का पदार्थ है। यह आर्द्रताग्राही तथा पानी में आसानी से घुलनशील पदार्थ है। इसका घोल रंगहीन होता है और घुलने की क्रिया में घोल का तापमान घट जाता है। गरम करने से शोरा पिघल जाता है और अधिक गरम करने से इससे ऑक्सीजन अलग हो जाता है।

शोरा का प्रधान उपयोग वारुद तथा खाद बनाने में होता है। रेफ्रीजरेशन (प्रशीतन) और दवा आदि बनाने के काम में भी शोरा इस्तेमाल होता है। इसका रासायनिक सूत्र  $KNO_3$  है।

**कपड़ा धोने का सोडा (Washing soda or sodium carbonate)**

यह सोडा सोडियम क्लोराइड से बनता है। इससे कपड़ा आदि धोया जाता है। इसलिए इसे कपड़ा धोने का सोडा कहते हैं।

सोडा सफेद रंग का अपारदर्शक, क्रिस्टलीय, गंधहीन तथा नमकीन स्वादयुक्त पदार्थ है। यह आर्द्रताग्राही तथा आसानी से पानी में घुलनशील है। इसका घोल क्षारीय होता है जिसमें लाल लिटमस डालने से नीला हो जाता है। इसके क्रिस्टल में क्रिस्टलीय जल होता है, जो गरम करने पर निकलने लगता है और यह पिघलकर उबलने जगता है। सोडे को जलाने से पीली रोशनी निकलती है। इसपर कई अम्लों की क्रिया में कार्बन डाइ-ऑक्साइड गैस निकलता है।

इसका सर्वप्रधान उपयोग कपड़ा धोने में तथा साबुन बनाने में होता है। कपड़े और कागज बनाने में भी इसकी आवश्यकता होती है। सोडा मिलाने से जल की कठोरता दूर हो जाती है। कॉस्टिक सोडा आदि बनाने के लिए भी सोडे का इस्तेमाल होता है। इसका रासायनिक सूत्र  $Na_2CO_3$  है।

**नौसादर (Sal-ammoniac or ammonium chloride)**

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल और अमोनिया के संयोग से नौसादर बनता है। व्यापारिक तौर पर साधारण नमक और अमोनियम सल्फेट को गरम करके नौसादर बनाया जाता है।

नीसादर सफेद रंग का अपारदर्शक, क्रिस्टलीय, गंधहीन तथा तेज नमकीन स्वादयुक्त ठोस पदार्थ है। यह सरलता से पानी में घुल जाता है। घुलते समय ऊष्मा का शोषण करता है ; इसलिए घोल ठंढा हो जाता है। इसके घोल में लाल लिटमस नीला हो जाता है अर्थात् इसका घोल क्षारीय होता है। गरम करने पर नीसादर ठोस से सीधा गैसीय बन जाता है तथा ठंढा होने पर गैसीय से सीधा ठोस बनता है। नीसादर के साथ क्षार मिलाकर गरम करने से अमोनिया गैस निकलता है और गंधकाम्ल के साथ इसे गरम करने पर हाइड्रोजन क्लोराइड गैस निकलना है।

बहुत-सी दवाएँ बनाने के लिए नीसादर का इस्तेमाल होता है। शुष्क सेल बनाने में, कपड़े की रंगाई तथा छपाई के कार्यों में, और बरतनों पर कलई चढ़ाने में इसकी आवश्यकता होती है।

### चूना (Lime)

चूना-पत्थर (Calcium carbonate) को गरम करने से उसमें से कार्बन-डाइऑक्साइड अलग हो जाता है और पत्थर कली चूना (Quick Lime) बन जाता है। चूना का रंग सफेद होता है तथा कली चूना देखने में पत्थर के टुकड़े जैसा होता है। यह एक अक्रिस्टलीय पदार्थ है। पानी में डालने से यह गरम हो जाता है तथा फूल जाता है। पानी डाला हुआ चूना चूर हो जाता है और उसे बुझा चूना (Slaked Lime) कहते हैं। यह पानी में कम घुलता है। इसके घोल में लाल लिटमस डालने से नीला हो जाता है, अर्थात् इसका घोल क्षारीय होता है। चूने के साफ पानी में कार्बन-डाइ-ऑक्साइड गैस मिलाने से पानी दुधिया हो जाता है।

चूने का इस्तेमाल मकान आदि बनाने तथा सफेदी पोतने में बहुत बड़े पैमाने पर होता है। कई प्रकार की दवाइयाँ तथा रासायनिक पदार्थ बनाने के लिए भी इसका उपयोग होता है। फलों के मुरब्बे बनाने के लिए भी चूने के पानी की आवश्यकता होती है। हमारे देश में पान खाने के लिए चूने का बहुत उपयोग होता है। इसका रासायनिक सूत्र  $\text{Ca(OH)}_2$  है।

### तृतिया (Copper sulphate or blue vitriol)

तृतिया को चलती भापा में 'नीला थोथा' भी कहते हैं। यह एक व्यापारिक वस्तु है।

प्रयोगशाला में समाहित गंधकाम्ल के साथ ताँबे के छीलन को गरम करके तृतिया बनाया जाता है ।

इसका रंग साधारणतः नीला होता है । यह क्रिस्टलीय ठोस पदार्थ है और आसानी से पानी में घुल जाता है । इसके क्रिस्टलों में क्रिस्टलीय जल होता है । तृतिया को गरम करके क्रिस्टलीय जल सुखा देने से वह सफेद रंग का चूर्ण बन जाता है, जिसमें दो बूँद पानी मिला देने से वह फिर से पहले का रूप प्राप्त कर लेता है । इसके घोल में जस्ता डालने से उस पर ताँबा जमा हो जाता है । इस पर नाइट्रिक, हाइड्रोक्लोरिक तथा तनु गंधकाम्ल का कोई प्रभाव नहीं पड़ता है ; लेकिन सांद्रित गंधकाम्ल इसके क्रिस्टलीय जल को सुखा देता है । जलाने से इससे हरे रंग की लौ निकलती है, जिसका मध्य भाग नीला होता है ।

तृतिया से कई प्रकार की दवाएँ तथा कीटाणुनाशक औषधियाँ बनाई जाती हैं । इलेक्ट्रोप्लेटिंग तथा इलेक्ट्रोटाइपिंग में, विजली की बैटरी बनाने में, कपड़े की रँगाई-छपाई में तथा ताँबे के शोधन के काम में इसका प्रयोग होता है । इसका रासायनिक सूत्र  $\text{NH}_4\text{Cl}$  है ।

### हरा कसीस (Ferrous sulphate or green vitriol)

हरा कसीस हरे रंग का ठोस पदार्थ है । लोहे को गंधकाम्ल में घुलाकर क्रिस्टलन द्वारा हरा कसीस बनाया जाता है । इसमें क्रिस्टलीय जल होता है तथा इसे गरम करने पर क्रिस्टलीय जल निकल जाता है और भूरे रंग का अवशेष, फेरिक ऑक्साइड (Ferric oxide) बचा रहता है । यह पानी में घुल जाता है । घोल का रंग पीला हो जाता है । हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का इस पर कोई असर नहीं होता है । हरे रंग के पानी के साथ इसका घोल मिलाने से मिश्रण का रंग नील-कृष्ण (Blueblack) बन जाता है, जिससे लिखने की रोशनाई तैयार होती है ।

लिखने की रोशनाई बनाने के अलावा हरा कसीस रँगाई के काम, चमड़ा पकाने तथा कई दवाएँ और रासायनिक पदार्थ आदि बनाने में इस्तेमाल होता है ।



## कार्बनिक रसायन

रसायनशास्त्र की जिस शाखा में कार्बन के यौगिकों का अध्ययन किया जाता है उसे कार्बनिक रसायन (Organic chemistry) कहते हैं।

कार्बन के अधिकांश यौगिक, प्रकृति में, केवल प्राणियों तथा वनस्पतियों के शरीर में पाए जाते हैं। कार्बन के ये यौगिक प्राणियों तथा वनस्पतियों के शरीर को बनाने के मुख्य उपादान होते हैं। यही कारण है कि बहुत पहले से ही कार्बन के इन यौगिकों को जैव यौगिक (Organic compound) अर्थात् 'जैव शरीर में पाये जानेवाले यौगिक' कहते हैं। इसके विपरीत पानी, बालू, विभिन्न प्रकार की धातु, कार्बन डाइ-ऑक्साइड गैस आदि को अजैव यौगिक (inorganic compound) कहा जाता है।

प्राचीन काल में यह विश्वास किया जाता था कि कार्बन के ये यौगिक केवल जैव शरीर के अंदर अर्थात् प्राणियों तथा वनस्पतियों के शरीर के अंदर ही, जैव-शक्ति (vital force) नाम की एक रहस्यमय शक्ति के प्रभाव से निमित्त हो सकते हैं। जैव शरीर के बाहर ये यौगिक बन नहीं सकते हैं।

बाद में चलकर वैज्ञानिकों ने इनमें से बहुत-से यौगिकों को कृत्रिम उपाय से बनाने में सफलता प्राप्त की। इसके चलते कार्बन के इन यौगिकों के संबंध में इस अंधविश्वास का अंत हो गया। लेकिन, इन यौगिकों का साधारण नाम जैव यौगिक ही रह गया। साथ ही, रसायनशास्त्र की उस शाखा का नाम, जिसमें इन यौगिकों का अध्ययन किया जाता है, अंग्रेजी में जैव रसायन या ऑर्गेनिक केमिस्ट्री ही रह गया।

प्रत्येक जैव यौगिक में कार्बन अवश्य ही मौजूद होता है, इसलिए अब इन यौगिकों को कार्बनिक यौगिक तथा रसायनशास्त्र की जिस शाखा में इन यौगिकों का अध्ययन किया जाता है, उसे कार्बनिक रसायन कहते हैं। अब तक आविष्कृत कार्बनिक यौगिकों में अधिकांश ऐसे हैं जो जीव शरीर में होते ही नहीं हैं और केवल कृत्रिम उपाय से ही बनाये जाते हैं।

कार्बनिक यौगिकों का एक विशेष गुण यह है कि गरम करने से उनमें महत्वपूर्ण परिवर्तन आ जाता है और पूर्णतः भिन्न गुणवाले एक या अधिक दूसरे पदार्थ उत्पन्न हो जाते हैं। उदाहरण के लिए, लकड़ी को वायुशून्य स्थान में गरम करने पर कई नई वस्तुएँ मिलती हैं। साथ ही लकड़ी को वायु में जलाने से, उसके अंदर के कार्बन और हाइड्रोजन, कार्बन-डाइ-ऑक्साइड तथा पानी बन जाते हैं और लकड़ी के अंदर का नाइट्रोजन मुक्त हो जाता है।

कार्बनिक यौगिक, मुख्यतः, कार्बन के साथ हाइड्रोजन, आक्सीजन, नाइट्रोजन, क्लोरीन, ब्रोमीन, फ्लोरीन, गंधक, आयोडीन तथा फास्फोरस ; इन नौ तत्वों में से एक या एकाधिक के संयोग से बनते हैं।

कार्बनिक यौगिकों की रचना अकार्बनिक यौगिकों की रचना से काफी भिन्न होती है और दोनों के गुणों में भी काफी अंतर होता है। साथ ही, कार्बनिक यौगिकों की संख्या, अकार्बनिक यौगिकों से बहुत ही अधिक है। इसलिए कार्बनिक यौगिकों का ठीक से अध्ययन करने के लिए रसायनशास्त्र की एक विशेष शाखा का होना लाभदायक है। साथ ही, अध्ययन की सुविधा के लिए, कार्बन के कुछ यौगिक—जैसे धातुओं के कार्बोनेट, कार्बन-डाइ-ऑक्साइड, कार्बन-मोनोक्साइड आदि—का अध्ययन अकार्बनिक रसायन के साथ ही किया जाता है।

दैनंदिन जीवन में काम आनेवाले कुछ कार्बनिक यौगिक

### मिथेन (Methane)

मिथेन कार्बन के उन यौगिकों में से है जिन्हें हाइड्रोकार्बन (Hydro-carbon) कहा जाता है ; क्योंकि हाइड्रोकार्बन-श्रेणी के यौगिकों के अणु में केवल हाइड्रोजन तथा कार्बन के परमाणु होते हैं। मिथेन का रासायनिक सूत्र  $\text{CH}_4$  है, अर्थात् इसके प्रत्येक अणु में एक कार्बन और चार हाइड्रोजन के परमाणु होते हैं।

मिथेन वायु से हल्का गैस है। इसका न कोई रंग होता है और न गंध। यह जलनेवाला गैस है, और प्रकृति में काफी मात्रा में मिलता है। घरती से निकलने वाले प्राकृतिक गैस का अधिकतर भाग मिथेन गैस है। दुनिया में बहुत-से स्थानों में, जहाँ घरती के अंदर यह गैस मिलती है, इसे नल की सहायता से घरों में पहुँचाया जाता है और वहाँ इसे ईंधन के रूप में जलाया जाता है।

दलदल, बंद पानी आदि के नीचे दबे हुए पेड़-पौधों के; सड़ने से भी मिथेन गैस पैदा होता है, जिसे साधारण तौर पर मार्श गैस (Marsh gas) कहते हैं। जंगल आदि जनशून्य स्थानों में, इस प्रकार से पैदा हुए मिथेन गैस को जलते-बुझते देखकर नासमझ लोग डर जाते हैं और भूत-प्रेत आदि की कल्पना करने लगते हैं।

खानों के अंदर भी कभी कभी यह गैस जमा हो जाता है। वायु के साथ मिलकर यह गैस विस्फोटक मिश्रण बनाता है और खानों के अंदर खतरा पैदा करता है। बहुत-सी खान-दुर्घटनाएँ इस गैस के कारण घटी हैं।

इथेन  $C_2H_6$ , प्रोपेन  $C_3H_8$ , ब्यूटेन  $C_4H_{10}$  आदि भी मिथेन जैसे गुणवाले हाइड्रोकार्बन हैं।

### एसिटिलिन (Acetylene)

एसिटिलिन भी एक हाइड्रोकार्बन है, जिसका रासायनिक सूत्र  $C_2H_2$  है; अर्थात् एसिटिलिन के प्रत्येक अणु में दो कार्बन और दो हाइड्रोजन के परमाणु होते हैं। एसिटिलिन एक रंगहीन गैस है।

कैल्सियम कारबाइड (Calcium carbide) के ऊपर पानी की क्रिया से यह गैस बनाया जाता है। एसिटिलिन भी एक जलनेवाला गैस है और इसके जलते समय बहुत अधिक ऊष्मा उत्पन्न होती है। इसलिए यह गैस लोहे आदि की गैस-जुड़ाई (Gas welding) के लिए बहुत उपयोगी है। ऑक्सीजन और एसिटिलिन को मिलाकर जलाने से लगभग  $3200^{\circ}C$  तापमान प्राप्त होता है। इस प्रकार से उत्पन्न लौ को 'ऑक्सी-एसिटिलिन लौ' कहते हैं। इस लौ की सहायता से लोहे की चादर आदि को बहुत ही सफाई के साथ और जल्दी से काटा जा सकता है। कारखानों में, लोहा आदि काटने तथा पिघलाकर जोड़ने के लिए इस लौ का काफी इस्तेमाल होता है।

कृत्रिम रबर, नाना प्रकार के प्लैस्टिक, ऐसेटिक अम्ल (Acetic acid) आदि बहुत-से नित्य प्रयोजनीय तथा औद्योगिक पदार्थों का मुख्य उपादान एसिटिलिन है।

## अलकोहल (Alcohol)

अलकोहल-वर्ग में कार्बन के बहुत-से यौगिक होते हैं। इनमें मिथाइल अलकोहल, इथाइल अलकोहल तथा ग्लिसरीन (glycerine) हमेशा हमारे काम आते हैं।

## मिथाइल अलकोहल (Methyl alcohol)

यह एक रंगहीन द्रव पदार्थ है। इसकी तेज गंध से इसे आसानी से पहचाना जा सकता है। इसमें शराब जैसी गंध होती है। मिथाइल अलकोहल का रासायनिक सूत्र  $\text{CH}_3\text{OH}$  है।

मिथाइल अलकोहल जहरोला पदार्थ है। इसे पी लेने से मनुष्य में अंधापन आदि कई प्रकार की बीमारियाँ उत्पन्न हो जाती हैं। यहाँ तक कि इसने मृत्यु तक हो सकती है। असाधु व्यापारी कभी-कभी पानी में मिथाइल अलकोहल मिलाकर शराब के नाम से बेचते हैं। इससे अक्सर दुर्घटनाएँ घटती हैं।

मिथाइल अलकोहल का क्वथनांक  $65^\circ\text{C}$  है। काष्ठ के शुष्क आसवन द्वारा बड़े पैमाने पर इसे बनाया जाता है। इसलिए मिथाइल अलकोहल को काष्ठ अलकोहल (Wood alcohol) भी कहते हैं।

नाना प्रकार की दवाइयाँ, वार्निश, पालिश, कई प्रकार के सुगंधित पदार्थ, मेथिलेटेड स्पिरिट, पावर अलकोहल आदि बनाने के लिए इसका इस्तेमाल होता है।

## इथाइल अलकोहल (Ethyl alcohol)

इथाइल अलकोहल एक बहुत ही महत्वपूर्ण औद्योगिक पदार्थ है। यह एक रंगहीन द्रव पदार्थ है, जिसका रासायनिक सूत्र  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  है। इसमें एक विशेष प्रकार की गंध होती है जो काफी देर तक बनी रहती है। इथाइल अलकोहल एक मादक द्रव्य है जिसके पीने से गले में जलन मालूम पड़ती है और नशा उत्पन्न होता है। शराबों में इथाइल अलकोहल की उपस्थिति के कारण ही वे नशीली होती हैं। साधारणतः इसे केवल अलकोहल कहा जाता है। बहुत प्राचीन काल से ही विभिन्न प्रकार की शर्करा तथा स्टार्चयुक्त पदार्थों से यह बनता आ रहा है। आजकल हमारे देश में, बड़े पैमाने पर

इथाइल अलकोहल, चीनी के कारखानों के उपोत्पाद (byproduct) छोए से बनाया जाता है। शर्करा या स्टार्चयुक्त पदार्थों का पहले किण्वन (fermentation) और फिर आसवन द्वारा इसे तैयार किया जाता है। इस तरह से बनाये हुए अलकोहल में ५ से १० प्रतिशत पानी रहता है। ऐसे अलकोहल को 'रेक्टीफाइड स्पिरिट' (rectified spirit) कहते हैं। विशेष प्रक्रिया द्वारा इसे जलशून्य करके इससे विशुद्ध अलकोहल (absolute alcohol) बनाया जाता है।

शर्करा या स्टार्चयुक्त पदार्थों के किण्वन से उनमें अलकोहल उत्पन्न होता है। अलकोहल रहने के कारण ही इन्हें तथा अन्य शराबों को पीने से नशा उत्पन्न होता है। छोटानागपुर तथा संथालपरगना के गाँवों में बननेवाली हँडिया, डियांग आदि जैसी नशीली पेय वस्तु स्टार्चयुक्त पदार्थों के किण्वन से उत्पन्न अलकोहल के कारण ही नशीली होती है। ज्यादातर ये चावल से बनती हैं और इनमें अलकोहल की मात्रा १० से १५ प्रतिशत तक होती है। इसी प्रकार ताड़, खजूर आदि के शर्करायुक्त रस के किण्वन से ताड़ी नाम की नशीली वस्तु बनती है। इसमें भी लगभग १० प्रतिशत अलकोहल होता है। ये सब अस्त्रावित शराब हैं।

स्त्रावित शराबों में वीयर, व्हिस्की, वदका आदि स्टार्च (जी) से तथा ब्राडी, कनियाक, शेरी, शैपेन आदि शर्करायुक्त पदार्थ (अगूर) से बनते हैं। शर्करायुक्त छोए से रम नामक शराब बनाई जाती है। इन सबमें अलकोहल का परिमाण एक-सा नहीं होता। वीयर में ३ से ५ प्रतिशत, व्हिस्की, ब्राडी और कनियाक में ४० से ५० प्रतिशत, वदका में ४० से ५७ प्रतिशत, रम में ४५ से ५० प्रतिशत, शेरी में १८ से २४ प्रतिशत तथा शैपेन में ८ से १० प्रतिशत अलकोहल होता है। महुआ, गुड़, छोए आदि से बनाई गई देशी आसवित शराब में ३० से ५० प्रतिशत अलकोहल होता है।

बाजार में मिलनेवाले मेथिलेटेड स्पिरिट को पीने के अयोग्य बनाने के लिए इथाइल अलकोहल के साथ जहरीला मिथाइल अलकोहल मिला दिया जाता है।

इथाइल अलकोहल दवा, टॉनिक, शराब आदि तथा वानिश, पालिश, ईथर आदि बनाने के लिए और विभिन्न प्रकार के कार्बनिक यौगिक तैयार

करने के लिए काम आता है। यह जीवाणुनाशक है तथा इसमें डुबोकर मरे हुए जीवों का संरक्षण किया जा सकता है। यह अत्यधिक दहनशील तथा वाष्पशील होता है।

### ग्लिसरीन या ग्लिसरॉल (glycerine or glycerol)

ग्लिसरीन या ग्लिसरॉल एक रंगहीन तथा गंधहीन गाढ़ा द्रव पदार्थ है। इसका स्वाद मीठा होता है तथा यह आसानी से जल में घुल जाता है। इसका रासायनिक सूत्र  $C_3H_8O_3$  है। ग्लिसरीन सभी वनस्पति तेलों तथा वसा में मौजूद रहता है।

शृंगार-सामग्री, अच्छा साबुन, मीठा पेय, दवा, विस्फोटक आदि बनाने के लिए इसका उपयोग होता है। जाड़े में मुँह, हाथ, पैर आदि फट जाने पर ग्लिसरीन लगाने से फायदा होता है।

### ईथर (ether)

ईथर अत्यधिक दहनशील पदार्थ है। इस वर्ग में सबसे महत्वपूर्ण यौगिक को डाइथाइल ईथर (diethyl ether) कहते हैं। यह अत्यधिक वाष्पनशील द्रव है। खुला रख देने से कुछ ही देर में यह वाष्प बनकर उड़ जाता है। इसका रासायनिक सूत्र  $(C_2H_5)_2O$  है। कई प्रकार की दवाएँ बनाने के लिए तथा विभिन्न वैज्ञानिक प्रयोगों में इसकी आवश्यकता होती है। यह एक अच्छी सवेदनाहारी (Anaesthetic) वस्तु है तथा कुछ देर तक श्वास के साथ इसके वाष्प को ग्रहण करने से मनुष्य बेहोश हो जाता है। इसलिए शल्य-क्रिया (operation) आदि करते समय चिकित्सक रोगी को बेहोश करने के लिए इसका प्रयोग करते हैं। साथ ही, यह जीवाणु-नाशक भी है।

### एसिटिक अम्ल (acetic acid)

संभवतः मनुष्य द्वारा सर्वप्रथम बनाया गया अम्ल एसिटिक अम्ल है। शराब बनाने के लिए किण्वन के समय यह अम्ल बनता है। एसिटिक अम्ल का रासायनिक सूत्र  $CH_3COOH$  है। खाने के लिए इस्तेमाल होनेवाले सिरके (Vinegar) में एसिटिक अम्ल होता है। गन्ने आदि के रस को घूप में पकाने से उसमें एसिटिक अम्ल उत्पन्न हो जाता है और रस मीठा से खट्टा हो जाता है। सिरके से अचार आदि भी बनाए जाते हैं। नाना प्रकार के

रंग, दवाएँ, कृत्रिम सूत, कई प्रकार के प्लैस्टिक आदि बनाने के लिए एसिटिक अम्ल की आवश्यकता होती है।

### फॉर्मिक अम्ल (Formic acid)

फॉर्मिक अम्ल का रासायनिक सूत्र  $H_2CO_2$  है। चीटियों के शरीर में यह अम्ल मिलता है। पहले-पहल लाल रंग की एक प्रकार की चींटियों को पानी में उवाकर, उस पानी के आसवन से फॉर्मिक अम्ल प्राप्त किया गया था। मधुमक्खी, वरं आदि के डंक में भी यह अम्ल होता है। इसी कारण से चींटी काट लेने से या मधुमक्खी वरं आदि के डंक मार देने से जलन पैदा होती है।

फॉर्मिक अम्ल कीटाणुनाशक होता है। फलों के रस के संरक्षण के लिए, वनस्पति धी बनाने के लिए, चमड़ा पकाने के लिए तथा कपड़े रँगने के लिए इस अम्ल की आवश्यकता होती है।

### लैक्टिक अम्ल (Lactic acid)

लैक्टिक अम्ल पानी में घुलनशील, रंगहीन गाढ़ा द्रव पदार्थ है। इसका रासायनिक सूत्र  $C_3H_6O_5$  है। लैक्टिक अम्ल की विशेषता यह है कि इसमें अम्ल तथा अलकोहल, दोनों के गुण होते हैं। यह अम्ल खट्टे दूध, दही तथा रक्त में मिलता है। वायु में एक प्रकार का जीवाणु होता है, जिसे बैसिलस लैक्टिस एसिडी (bacillus lactis acidi) कहते हैं। यह जीवाणु दूध के लैक्टोज या दुग्धशर्करा (lactoes or milksugar) के साथ मिलकर लैक्टिक अम्ल बनाता है, जिससे दूध खट्टा हो जाता है। इसी जीवाणु के प्रभाव से दही जमता है।

### कार्बोहाइड्रेट (Carbohydrate)

हमारे भोजन का एक मुख्य भाग कार्बोहाइड्रेट होता है। भात, रोटी, आलू, चीनी, फल आदि से हमें कार्बोहाइड्रेट मिलता है। खेत और बगीचे में उगनेवाले लगभग सभी खाद्य-पदार्थों में कार्बोहाइड्रेट होता है। शरीर में ऊर्जा तथा ऊष्मा उत्पन्न करना कार्बोहाइड्रेट का मुख्य काम है। शरीर की वृद्धि में भी इससे अल्प सहायता मिलती है। कार्बन के इस यौगिक की कमी होने से मनुष्य सुस्त हो जाता है और उसमें परिश्रम करने

की शक्ति की कमी हो जाती है। हल्का काम करनेवाले आदमी को प्रतिदिन ३७० ग्राम, साधारण काम करनेवाले को ५०० ग्राम तथा कठोर श्रम करनेवाले को ५७० ग्राम कार्बोहाइड्रेट मिलने चाहिए। एक ग्राम कार्बोहाइड्रेट से शरीर को ४१ कैलोरी ऊष्मा मिलती है।

विभिन्न प्रकार की शर्कराओं तथा ऐसे पदार्थों को, जो जल के अपघटन से शर्करा-जातीय पदार्थ में बदल जाते हैं, कार्बोहाइड्रेट या शर्करा-वर्गीय पदार्थ कहते हैं। भौतिक गुण के आधार पर कार्बोहाइड्रेट को दो भागों में बाँटा जा सकता है—

(१) मीठे स्वादवाले, जल में घुलनशील तथा क्रिस्टलीय। चीनी, ग्लूकोज फ्रूक्टोज आदि इस श्रेणी के कार्बोहाइड्रेट हैं।

(२) स्वादहीन, जल में अघुलनशील तथा अक्रिस्टलीय। स्टार्च, सेल्यूलोज आदि इस श्रेणी के कार्बोहाइड्रेट हैं।

### ग्लूकोज (glucose)

ग्लूकोज अंगूर में काफी मात्रा में मौजूद होता है। इसलिए इसे द्राक्षाणशर्करा (grape sugar) भी कहते हैं। पके हुए अंगूर में ३० प्रतिशत तक ग्लूकोज होता है। शहद में ४० प्रतिशत तक ग्लूकोज पाया जाता है। अन्य कई मीठे फलों में भी काफी मात्रा में ग्लूकोज होता है। मनुष्य तथा अन्य प्राणियों के रक्त में ग्लूकोज होता है। प्राणि-शरीर की पेशियाँ मुख्यतः ग्लूकोज के ही ऑक्सीकरण से उत्पन्न ऊर्जा की सहायता से कार्य करती हैं। ग्लूकोज बहुत आसानी से शरीर में स्वागीकृत (Assimilated) होकर रक्त में मिल जाता है।

ग्लूकोज का रासायनिक सूत्र  $C_6H_{12}O_6$  है। यह कार्बोहाइड्रेट के मोनोसैकेराइड (mono-sachcharide) वर्ग में आता है।

### चीनी या इक्षु-शर्करा (sucrose or cane sugar)

चीनी या इक्षु-शर्करा कार्बोहाइड्रेट के डाइसैकेराइड-वर्ग में आता है। पृथ्वी में उत्पन्न चीनी का बहुत बड़ा अंश इक्षु या गन्ने से बनता है। यूरोप के कुछ देशों में चुकंदर से भी चीनी बनती है। गन्ने के रस में लगभग २० प्रतिशत तथा चुकंदर में १० से १५ प्रतिशत चीनी रहती है। खजूर तथा



ताड़ के रस में भी यह शर्करा मिलती है। कई प्रकार के फलों के रस में भी यह शर्करा होती है। इसका रासायनिक सूत्र  $C_{12}H_{22}O_{11}$  है।

भारत में बननेवाली सभी चीनी गन्ने के रस में बनती है। चीनी-मिलो में गन्ने के रस को निकाल लेते हैं। इस रस में शर्करा के अलावा फॉस्फेट, प्रोटीन, साइट्रिक अम्ल आदि होते हैं। इसको गर्म करके, उसमें आवश्यकतानुसार, दो या तीन प्रतिशत चूना मिला दिया जाता है और फिर छान लेने से ये अशुद्धियाँ दूर हो जाती हैं। इस शुद्ध रस के अंदर से कार्बन-डाइ-ऑक्साइड गैस प्रवाहित करके उसका कार्बनीकरण किया जाता है। कार्बनीकृत रस के अंदर से सल्फर-डाइ-ऑक्साइड प्रवाहित करने से रस रंगहीन और स्वच्छ बन जाता है। इस स्वच्छ रस को गर्म करके सांद्रित किया जाता है। सांद्रित रस ठंडा होने पर उसमें चीनी के रवे जमने लगते हैं। अपकेन्द्री (centrifugal) यंत्र में घुमाकर इस रस में जो चीनी के रवे अलग किए जाते हैं। बचे हुए रस को 'छोआ' कहते हैं। छोआ अलकोहल, गराव आदि बनाने में काम आता है। हुक्के में पीने के तंबाकू में भी छोआ मिलाया जाता है।

### स्टार्च या मंड (starch)

स्टार्च कार्बोहाइड्रेट के पॉली सैकेराइड-वर्ग में आता है। पौधों की हरी पत्तियों में, सूर्य-किरण की सहायता से, प्रकाश-संश्लेषण से स्टार्च बनता है। पत्तियों में बना हुआ स्टार्च पौधों की जड़, कंद, दाने आदि में जमा होता है और उनमें से हमें खाने के लिए यह मिल जाता है। आलू, गेहूँ, चावल, मक्का आदि में काफी मात्रा में स्टार्च होता है। हम पहले ही देख चुके हैं कि हमारे शरीर के लिए कार्बोहाइड्रेट कितनी आवश्यक वस्तु है। हम अधिकांश कार्बोहाइड्रेट स्टार्च के रूप में ही ग्रहण करते हैं।

मनुष्य तथा अन्य प्राणियों के पाचक-तंत्र के अंदर स्टार्च ग्लूकोज में बदल जाता है और शरीर में स्वांगीकृत (assimilated) हो जाता है। मुँह के अंदर ही यह क्रिया शुरू हो जाती है; इसीलिए रोटी को, जो मुख्यतः स्टार्च है, अधिक देर तक चबाते रहने से वह मीठी लगने लगती है।

### सैलूलोज (cellulose)

स्टार्च की तरह सैलूलोज भी कार्बोहाइड्रेट के पॉली सैकेराइड-वर्ग में आता है। पौधों के शरीर की कोशिकाओं की दीवार, जिसे कोशिका भित्ति

(cell wall) कहते हैं, मुख्यतः सैलूलोज से बनती है। कपास की रूई के रेशे (cotton fibre) प्रकृति में मिलनेवाला सबसे शुद्ध सैलूलोज है। इसमें ८५ से ९० प्रतिशत सैलूलोज होता है।

सैलूलोज हमारे लिए एक अत्यावश्यक वस्तु है। हमारे पहनने के कपड़े, ओढ़ना, विछौना आदि मुख्यतः सैलूलोज की ही देन है। केवल सूती कपड़े ही नहीं, सैलूलोज से विभिन्न रासायनिक प्रक्रिया से कृत्रिम धागे, कागज, कार्डबोर्ड, प्लैस्टिक, वार्निस, अलकोहल आदि भी बनाये जाते हैं। औद्योगिक कामों के लिए लकड़ी से सैलूलोज बनाया जाता है।

### प्रोटीन (protein)

प्रोटीन एक अत्यंत जटिल कार्बनिक यौगिक है। जीवन का यह मुख्य उपादान है और इसके बिना जीवन संभव नहीं है। प्रोटीन की संरचना (structure) तथा सञ्चलन के संबंध में अभी तक पूर्ण जानकारी नहीं हो पाई है। संभव है कि इसकी संपूर्ण जानकारी हो जाने के बाद प्रयोगशालाओं में ही कृत्रिम उपाय से जीवन की सृष्टि की जा सकेगी।

प्राणि-शरीर के समस्त अंग-प्रत्यंगों में—रक्त, हड्डी, चमड़े, बाल, ऊत, पंख, सींग, खुर, नाखून आदि सभी में—प्रोटीन होता है। वनस्पतियों के शरीर में भी प्रोटीन होता है।

प्रोटीन हमारे खाद्य का एक मुख्य तथा अत्यावश्यक अंग है। प्रोटीन का मुख्य काम शरीर की वृद्धि में सहायता देना तथा शरीर की क्षय-क्षति को पूर्ति करना है। शरीर की मांसपेशियाँ मुख्यतः प्रोटीन से बनती हैं। इसलिए पूर्ण वयस्क की तुलना में बच्चों को अधिक प्रोटीन की आवश्यकता पड़ती है; क्योंकि बच्चों के शरीर की तेजी से वृद्धि होती है। प्रोटीन से शरीर को अल्प मात्रा में ऊर्जा भी मिलती है। साथ ही, शरीर के अंदर रोग-प्रतिरोधक पदार्थ प्रस्तुत करने के लिए भी प्रोटीन की आवश्यकता पड़ती है। प्रोटीन की कमी से शरीर की वृद्धि रुक जाती है और मनुष्य कमजोर हो जाता है तथा आसानी से बीमार पड़ जाता है। राष्ट्रसंघ की स्वास्थ्य उपसमिति की राय में साधारण पूर्ण वयस्क मनुष्य को रोजाना अपने वजन के प्रति किलोग्राम पर एक ग्राम प्रोटीन अवश्य मिलना चाहिए अर्थात् एक व्यक्ति का वजन अगर ५० कि० ग्रा० हो तो उसे प्रतिदिन ५० ग्राम प्रोटीन

मिलना चाहिए। वच्चो को उससे लगभग चार गुना तथा होनेवाली और स्तन पिलानेवाली माताओं को उससे दो गुना प्रोटीन की आवश्यकता होती है।

प्राणियो से मिलनेवाले प्रोटीन, वनस्पतियो से मिलनेवाले प्रोटीन में उत्तम श्रेणी के माने जाते हैं। क्योंकि ये आसानी से पच जाते हैं और शरीर में स्वांगीकृत (assimilated) हो जाते हैं। इसलिए मास, मछली, अंडे, दूध आदि से मिलनेवाले प्रोटीन को प्रथम श्रेणी का प्रोटीन तथा चना, मटर, गेहूँ, चावल, फरासबीन आदि से मिलनेवाले प्रोटीन को द्वितीय श्रेणी का प्रोटीन कहते हैं। संतुलित भोजन में वानस्पतिक तथा प्राणिजात प्रोटीन का अनुपात ३ : १ होना चाहिए अर्थात् भोजन में प्रति ४ ग्राम प्रोटीन में कम-से-कम एक ग्राम प्राणिजात प्रोटीन होना चाहिए। वानस्पतिक प्रोटीन में केवल सोयाबीन से मिलनेवाला प्रोटीन प्रथम श्रेणी का प्रोटीन होता है।

हाइड्रोजन, ऑक्सीजन, नाइट्रोजन तथा कार्बन के रासायनिक संयोग से प्रोटीन बनता है। इन तत्त्वों के अलावा इसमें अति अल्प मात्रा में गंधक तथा फॉस्फोरस भी मिलते हैं।

प्रोटीन के जल-विश्लेषण से एमिनो अम्ल (amino acid) प्राप्त होता है।



भौतिकी

PHYSICS



## यंत्र ( Machine )

### कुछ नित्य प्रयोजनीय साधारण यंत्र

मनुष्य को 'यंत्र बनानेवाला प्राणी' कहा जाता है। हम रोज कितने ही यंत्रों का व्यवहार करते हैं। शायद हम कभी सोचते ही नहीं कि ये भी यंत्र हैं। साधारण डंडे से लेकर रोटरी वेलने का चकला-वेलना भी तो यंत्र ही है ! कम परिश्रम और आसानी से अधिकाधिक काम हो, इस उद्देश्य की पूर्ति के लिए मनुष्य ने यंत्रों का आविष्कार किया था और आज भी वे इस क्षेत्र में नये-नये आविष्कार करते ही जा रहे हैं। यंत्र का दूसरा उद्देश्य है अपने सुविधानुसार एक स्थान पर बल लगाकर दूसरे स्थान पर काम लेना। जिन साधनों या औजारों की सहायता से एक बिंदु पर किसी दिशा में बल लगाकर उसके प्रभाव से दूसरे बिंदु तथा दूसरी दिशा में कुछ काम किया जा सके, उन्हें यंत्र कहा जाता है।

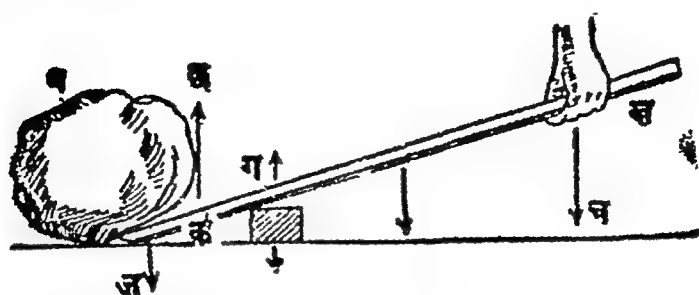
लाठी एक यंत्र है। इसके एक सिरे पर हाथ से बल लगाकर दूसरे सिरे से चोट करने का काम लिया जाता है। काम करने के लिए यंत्र पर जो बल लगाया जाता है, उसे आयास (effort) कहते हैं। यंत्र पर आयास लगाकर जिस प्रतिरोध का संतुलन किया जाता है-उसे बोझ (load) या प्रतिरोध (resistance) कहते हैं।

### उत्तोलक (Lever)

उत्तोलक एक बहुत ही पुराना तथा साधारण यंत्र है। शायद यह मनुष्य के यंत्र-आविष्कार के प्रयास का पहला फल है। रोज-रोज हम, बिना इसके सिद्धांत को समझते हुए, इसका व्यवहार करते हैं। साधारण उत्तोलक एक मजबूत लकड़ी या बाँस या लोहा या अन्य किसी धातु का डंडा होता है।

एक भारी पत्थर को उठाना है। हाथ से ठेलने से वह हिलता ही नहीं है। ऐसी हालत में उसे उठाने के लिए उत्तोलक की सहायता ली जाती है। एक

मजबूत दंड लेकर उसका एक सिरा पत्थर के नीचे लगा दिया जाता है। फिर एक लकड़ी का टुकड़ा या ईंट या पत्थर को उसी सिरे के पास दंड के



[ चित्र ४२—उत्तोलक (लीवर) की सहायता से भारी पत्थर उठाना ]

नीचे रख दिया जाता है। अब दूसरे सिरे को दबाकर आसानी से पत्थर को उठाया जा सकता है।

यहाँ दंड उत्तोलक (lever) का काम करता है। हाथ से नीचे की ओर दबाकर उसके ऊपर आयास लगाया जाता है। पत्थर बोझ है, उसके प्रतिरोध को असफल करके उसे ऊपर उठाया जाता है।

उत्तोलक दंड प्रयोजनानुसार सीधा या मुड़ा हुआ होता है। इसके एक सिरे पर बल लगाने से उसके दूसरे सिरे पर बल आरोपित होता है। दंड एक निश्चित बिंदु पर इस प्रकार से आधारित होता है कि संपूर्ण दंड उसपर घूम सके। इस बिंदु को आलंब (fulcrum) कहते हैं। चित्र में क ख एक उत्तोलक है। ग आलंब है, जिसके ऊपर आधारित रहकर क ख उत्तोलक घूम सकता है। क ग और ख ग उत्तोलक की दो भुजाएँ हैं। घ बोझ है। ख बिंदु के पास ख ग बाहु पर आयास लगाया जाता है। यहाँ आयास की दिशा ख च नीचे की ओर है। यह आयास क ग भुजा पर ऊपर की दिशा क छ में काम करके, बोझ घ को ऊपर उठाता है। क ज बोझ के प्रतिरोध की दिशा है।

उत्तोलक की जिस भुजा पर आयास लगता है, उसे आयास भुजा (चित्र में ख ग) और जिस भुजा से बोझ उठाया जाता है या प्रतिरोध को असफल किया जाता है, उसे प्रतिरोध भुजा या भार भुजा (चित्र में क ग) कहते हैं।

आयास, आलंब तथा बोझ के अवस्थान के हिसाब से तीन श्रेणी के उत्तोलक होते हैं।

### प्रथम श्रेणी के उत्तोलक

इसमें आयास तथा बोझ उत्तोलक के दो सिरो पर होते हैं और आलंब इन दोनों के बीच किसी एक स्थान पर होता है। चित्र-संख्या ४२ में इस श्रेणी का उत्तोलक दिखाया गया है। किसान बोझा ले जाने के लिए जिस बहेगी या वजनी चीज उठाने के लिए जिस डंडे का व्यवहार करते हैं वे इस श्रेणी के उत्तोलक के बहुत सरल उदाहरण हैं। ढेकी, तराजू की ढडी, कुएँ से पानी निकालने की लट्ठा-कूँड़, पानी-पंप की मूठ, कुदाल, बेलचा आदि नित्य प्रयोजनीय हमारे बहुत-से उपकरण इस श्रेणी के उत्तोलक यंत्र हैं। कैंची, सेंडूसी आदि इस श्रेणी के दोहरे उत्तोलक यंत्र हैं।

इस श्रेणी के उत्तोलक में यांत्रिक लाभ एक से अधिक या एक से कम हो सकता है। आयास भुजा, प्रतिरोध भुजा से जितनी अधिक बड़ी होगी, यांत्रिक लाभ उतना ही अधिक होगा। आयास भुजा छोटी होने से यांत्रिक लाभ १ से कम अथवा यांत्रिक हानि होती है।

### यांत्रिक लाभ

प्रतिरोध और आयास के अनुपात को यंत्र का यांत्रिक लाभ कहते हैं।  
अर्थात्—

$$\frac{\text{प्रतिरोध या बोझ}}{\text{आयास}} = \text{यांत्रिक लाभ}$$

इस प्रकार उत्तोलक के सिद्धांत के अनुसार—

$$\frac{\text{आयास भुजा}}{\text{प्रतिरोध भुजा}} = \text{यांत्रिक लाभ (+ या -)}$$

इस श्रेणी के उत्तोलक की भुजाओं की लंबाई के अनुसार यांत्रिक लाभ एक, एक से अधिक या एक से कम हो सकता है।

### द्वितीय श्रेणी के उत्तोलक

इस श्रेणी के उत्तोलक में आयास तथा आलंब के बीच किसी स्थान पर बोझ रहता है। किसी भारी वस्तु को लुढ़काने के लिए जिस डंडे से काम लिया जाता है वह इस श्रेणी का सबसे साधारण उत्तोलक यंत्र है। लकड़ी



का लट्ठा लुढ़काते समय डंडे का एक सिरा उसके नीचे डालकर मजबूती से जमीन पर जमाया जाता है। डंडे का यह बिंदु आलंब का काम करता है। दूसरे सिरे पर ऊपर की ओर आयास लगाकर लट्ठे को सापने की ओर लुढ़काया जाता है।

एक सिरे पर चक्का लगी हुई सामान ढोनेवाली गाड़ी, पचिंग मशीन, नाव के डांड (खेने के समय) आदि इस प्रकार के उत्तोलक हैं। सरीता, नीबू निचोड़नेवाला यंत्र आदि इस श्रेणी के दोहरे उत्तोलक हैं।

नाव खेते समय डांड का जो सिरा हाथ में रहता है, वहाँ पर आयास लगता है। डांड का दूसरा सिरा पानी के अंदर आलंब का काम करता है तथा डांड जहाँ पर नाव से जुड़ा रहता है, वहाँ बोल रहता है। इस स्थान पर प्रतिरोध का अतिक्रमण करके डांड नाव को आगे बढ़ाता है।

इस श्रेणी के उत्तोलकों में हमेशा यांत्रिक लाभ अधिक होता है अर्थात् अपेक्षाकृत कम बल लगाकर अधिक परिमाण के प्रतिरोध का संतुलन किया जा सकता है।

### तृतीय श्रेणी के उत्तोलक

इस श्रेणी के उत्तोलक में भी आलंब उत्तोलक के एक सिरे पर होता है। बोल उत्तोलक के दूसरे सिरे पर रहता है और आयास दोनों के बीच में किसी स्थान पर लगता है। इस प्रकार के उत्तोलक यंत्र का उदाहरण, हमारी भुजाएँ हैं। जब हथेली पर रखी हुई किसी वस्तु को हम उठाते हैं, उस समय केहुनी आलंब का काम करती है तथा हथेली और केहुनी के बीच की मांसपेशियाँ आयास लगाती हैं। पाँव से चलनेवाली सीने की मशीन का पा दान भी इसी प्रकार का एक उत्तोलक यंत्र है। चिमटा, चिमटी आदि इस श्रेणी के दोहरे उत्तोलक यंत्र हैं।

इस श्रेणी के उत्तोलकों में बोल से अधिक आयास लगता है तथा यांत्रिक लाभ एक से कम होता है यानी इसमें यांत्रिक लाभ के बजाए हानि होती है। लेकिन काम की सुविधा के लिए इनका व्यवहार किया जाता है।

### घिरनी (Pulley)

उत्तोलक जैसा घिरनी भी एक बहुत साधारण यंत्र है। हमारे दैनंदिन जीवन में इसका भी एक महत्वपूर्ण स्थान है। विशेषकर कुएँ से पानी खींचने

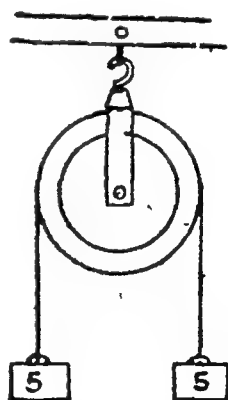
के लिए हम प्रतिदिन घिरनी से काम लेते हैं। लकड़ी या धातु के बने हुए चक्के या चक्की की परिधि की चौड़ाई में खाँच बनाकर घिरनी तैयार की जाती है। चक्के के ठीक बीच में एक छेद होता है। इस छेद में धुरी डाल दी जाती है, जिसपर घिरनी स्वतंत्रता से घूमती रहती है। धुरी एक चौखटे में जड़ दी जाती है। घिरनी की परिधि में बनी हुई खाँच में से रस्सी या जंजीर डाल दी जाती है। रस्सी या जंजीर के एक सिरे पर बोझ लटकाया जाता है और दूसरे सिरे पर बल लगाया जाता है। घिरनी यंत्र कई प्रकार के होते हैं।

(१) स्थिर एक घिरनी का यंत्र—इस घिरनी का यंत्र साधारणतः स्थिर (fixed) होता है। चौखटे में जड़ी हुई घिरनी या तो हुक (hook) के सहारे किसी स्थिर स्थान पर लटकायी जाती है या चौखटे को ही स्थिर स्थान में जड़ दिया जाता है। साधारणतः कुएँ से पानी खींचने के लिए या नीचे से भारी चीज ऊपर उठाने के लिए इस प्रकार की घिरनी काम में लाई जाती है। घिरनी में रस्सी डालकर उसके एक सिरे में बालटी या बोझ लटका दिया जाता है तथा दूसरे सिरे पर बल लगाकर बालटी से पानी खींचा जाता है या बोझ ऊपर उठाया जाता है।

सैद्धांतिक तौर पर इसमें बोझ के समान आयास (बल) लगता है। यानी इसका यांत्रिक लाभ समान है। लेकिन वास्तव में घर्षण आदि के कारण बोझ से कुछ अधिक बल लगाने की आवश्यकता होती है। लेकिन इस प्रकार की घिरनी से यह लाभ होता है कि आयास अपनी सुविधा से इच्छित दिशा में लगाया जा सकता है।

(२) एकाधिक घिरनीयों का यंत्र (Combination of pulleys)—साधारणतः

चलायमान घिरनीयुक्त यंत्र में एक घिरनी के बजाए एकाधिक घिरनियाँ रहती हैं। इस प्रकार दो घिरनीयुक्त यंत्र में एक घिरनी चलायमान तथा दूसरी घिरनी स्थिर होती है। रस्सी का एक सिरा स्थिर



[ चित्र ४३—स्थिर एक घिरनीवाला यंत्र ]



पड़ता है। लेकिन नत समतल के सहारे उसे अपेक्षाकृत कम आयास से ऊपर उठाया जा सकता है। नत समतल के सहारे वस्तुओं को ऊपर उठाते समय तल के ढाल के अनुसार बल में कमी-बेशी होती है। क्षितिज तल और नत तल के बीच का कोण जितना छोटा होगा यानी नत तल का ढाल जितना कम होगा—बल उतना ही कम लगेगा। इसी कारण से पहाड़ आदि पर चढ़ने के लिए रास्ता नत समतलीय बनाया जाता है। ऐसा करने के लिए उसे सर्पिल बनाया जाता है और घुमा-घुमाकर चोटी तक ले जाया जाता है।



## गति तथा न्यूटन की गति के नियम

### विराम तथा गति ( Rest and motion )

पृथ्वी अपने कक्ष पर लगातार घूम रही है। साथ-साथ वह सूरज के चारों ओर चक्कर भी लगा रही है। इस प्रकार पृथ्वी गतिशील है। सच कहा जाए, तो भू-मंडल में ऐसी कोई वस्तु नहीं है जो गतिशील न हो।

समय के साथ-साथ, किसी स्थिर निर्देश-बिंदु के सापेक्ष वस्तु के स्थान-परिवर्तन होने से कहा जाएगा कि वस्तु गतिशील है। अर्थात् समय के साथ-साथ स्थान-परिवर्तन की क्रिया को 'गति' कहते हैं।

अगर समय के साथ-साथ, किसी स्थिर बिंदु के सापेक्ष वस्तु स्थान-परिवर्तन न करे, तो उसे विरामावस्था में समझा जाएगा। लेकिन, विश्व में न तो कोई वस्तु परम विरामावस्था (absolute rest) में ही हो सकती है और न कोई परम स्थिर बिंदु (absolutely fixed point) ही मिल सकता है। परम स्थिर बिंदु न होने के कारण परम गति (absolute motion) का होना भी संभव नहीं है। इसलिए यह स्पष्ट है कि वस्तु की गति या स्थिरता केवल आपेक्षिक (relative) ही हो सकती है। जब एक वस्तु किसी दूसरी वस्तु की अपेक्षा अपना स्थान-परिवर्तन करती है, तो पहली दूसरी के सापेक्ष गति (relative motion) में है। अगर स्थान न बदलती हो, तो वह आपेक्षिक विरामावस्था (relative rest) में है। साइकिल चलाते समय साइकिल के हैंडल या सीट के सापेक्ष चालक कोई-स्थान परिवर्तन नहीं करता है अर्थात् हैंडल या सीट को अगर स्थिर बिंदु माना जाए, तो चालक विरामावस्था में है। साथ ही, अगर सड़क पर की किसी वस्तु को स्थिर बिंदु मान ले, तो उसकी तुलना में चालक स्थान-परिवर्तन करता जा रहा है। अतः चालक गति में है। इस प्रकार साइकिल चलाते समय एक ही समय चालक आपेक्षिक विरामावस्था तथा आपेक्षिक गति की अवस्था में होता है।

## चाल (Speed)

गतिशील वस्तु एक इकाई समय में जितनी दूरी तय करती है, वह उस इकाई समय में उसकी चाल कही जाती है। अगर एक मोटरगाड़ी एक मिनट में सौ मीटर चलती है तो कहा जाएगा कि उस मोटरगाड़ी की चाल मिनट में सौ मीटर है। चाल से किसी वस्तु की दूरी तय करने की दर तो मालूम हो जाती है लेकिन इसमें उसके चलने की दिशा नहीं मालूम होती। चलने की दिशा में परिवर्तन होते रहने पर भी अगर उसकी दूरी तय करने की दर अपरिवर्तित रहे तो चाल भी अपरिवर्तित रहेगी। जब कोई वस्तु एक ही चाल से चलती जाए, तो उस चाल को समरूप चाल (uniform speed) कहा जायगा। अगर एक मोटरगाड़ी प्रथम मिनट में १०० मीटर, दूसरे मिनट में १२५ मीटर, तीसरे मिनट में १७५ मीटर और इसी प्रकार बदलती हुई दर से चले, तो कहा जाएगा कि वह परिवर्तनशील चाल से चल रही है।

## वेग (Velocity)

अगर वस्तु एक निश्चित दिशा में चल रही हो, तो उस समय उसके स्थान-परिवर्तन की दर को वेग (velocity) कहा जाता है अर्थात् निश्चित दिशा में चाल को वेग कहते हैं। दिशा-परिवर्तन होने से चाल अपरिवर्तित रहने पर भी, माना जाएगा कि वेग में परिवर्तन हुआ है। अगर एक लड़का एक गोलाकार पथ पर मिनट में ५० गज के हिसाब से दौड़ता रहे तो उसकी चाल तो समरूप रहेगी, पर दिशा बदलते रहने के कारण उसका वेग हमेशा परिवर्तित होता रहेगा। अंग्रेजी प्रणाली में वेग का मात्रक एक फुट प्रति सेकेंड तथा फ्रांसीसी प्रणाली में एक सेंटीमीटर प्रति सेकेंड माना जाता है।

## सापेक्ष वेग (Relative velocity)

वेग दो तरह का होता है—सापेक्ष वेग (relative velocity) और निरपेक्ष वेग (absolute velocity)। दो गतिशील वस्तुओं के वेग की तुलनात्मक दर को सापेक्ष वेग कहते हैं।

अगर एक आदमी साइकिल पर १० किलो मीटर प्रति घंटे की रफ्तार से चलते समय एक मोटरगाड़ी को, जो २० किलो मीटर प्रति घंटे की रफ्तार से उसी दिशा में चल रही है—देखे, तो उसको लगेगा कि वह मोटरगाड़ी घटे

मे केवल १० किलो मीटर की रफ्तार से चल रही है। अगर वह उसी रफ्तार से विपरीत दिशा में चलनेवाली एक मोटरगाड़ी को जाते देखे, तो उसे लगेगा कि वह गाड़ी घंटे में ३० किलो मीटर की रफ्तार से जा रही है। लेकिन, रास्ते के किनारे खड़े आदमी को दोनों गाड़ियाँ २० किलो मीटर प्र० घ० की रफ्तार से चलती हुई मालूम पड़ेगी। साइकिल के वेग के साथ मोटरगाड़ी के वेग की तुलनात्मक दर एक अवस्था में १० किलो मीटर प्रति घंटा तथा दूसरी अवस्था में ३० किलो मीटर की प्रति घंटा होती है। अर्थात् साइकिल के वेग की अपेक्षा पहली और दूसरी मोटरगाड़ी के सापेक्ष वेग क्रमशः १० और ३० कि० मी० प्रति घंटा है। भिन्न-भिन्न वेग से एक ही दिशा में चलनेवाली वस्तुओं का सापेक्ष वेग उनके वेगों का अंतर होगा और विपरीत दिशाओं में चलनेवाली वस्तुओं का सापेक्ष वेग उनके वेगों का योगफल होगा। अर्थात् एक ही दिशा में २० कि० मी० प्र० घ० और १० कि० मी० प्र० घ० के वेग से दो गाड़ियों का सापेक्ष वेग  $२० - १० = १०$  कि० मी० प्र० घ० होगा। इन्हीं वेगों से विपरीत दिशाओं में चलनेवाली गाड़ियों का सापेक्ष वेग  $२० + १० = ३०$  कि० मी० प्र० घ० होगा। रास्ते में खड़े स्थिर आदमी के लिए २० और १० कि० मी० प्र० घ० के वेग से चलनेवाली दोनों गाड़ियों के निरपेक्ष वेग क्रमशः २० और १० कि० मी० प्र० घ० होंगे।

सही माने में विश्व में कोई भी वेग निरपेक्ष नहीं हो सकता है। पृथ्वी स्वयं गतिशील है। सूरज, चंद्रमा, तारे आदि सभी गतिशील हैं। इसलिए निरपेक्ष वेग का होना संभव नहीं है। हम जिन वेगों को निरपेक्ष समझते हैं, वास्तव में वे भी निरपेक्ष नहीं हैं। वास्तविक जीवन में कुछ वस्तुओं को स्थिर मानकर हम निरपेक्ष वेग की कल्पना कर लेते हैं।

### त्वरण (acceleration)

पृथ्वी में कोई भी वस्तु हमेशा समरूप चाल से नहीं चल सकती है। प्रत्येक गतिशील वस्तु के वेग में ह्रास या वृद्धि होती रहती है। प्रति इकाई समय में किसी वस्तु के वेग के परिवर्तन की दर को त्वरण कहते हैं। रेलवे-स्टेशन पर जब रेलगाड़ी रुकी हुई रहती है, उस समय वह विराम की अवस्था में रहती है। विराम की अवस्था से जब गाड़ी चलना शुरू कर देती है अर्थात् गतिशील अवस्था में आ जाती है, तब क्रमशः उसके वेग में वृद्धि

होने लगती है। इस प्रकार कुछ देर तक वेग-वृद्धि के बाद वह पूर्ण वेग को प्राप्त कर लेती है और समरूप वेग से चलने लगती है। स्टेशन पास आने पर उसके वेग का मंदन होने लगता है और स्टेशन पर आकर वह फिर विरामावस्था में आ जाती है। अगर गाड़ी का वेग प्रति सेकेंड १० मीटर के हिसाब से बढ़ता जाए, तो कहा जाएगा कि गाड़ी के त्वरण की दर १० मीटर प्रति सेकेंड-प्रति सेकेंड है। जब प्रति इकाई समय में वेग-वृद्धि की दर समान होती है, तो उस त्वरण को समरूप त्वरण और अगर उस में कभी-बेशी होती रहे तो असमरूप त्वरण कहते हैं।

### वेग-मंदन (Retardation)

जब गतिशील वस्तु की चाल धीमी होती जाती है तब वस्तु का वेग घटता जाता है और वेग के घटने की दर को वेग-मंदन कहते हैं। वेग-मंदन की दर को ऋणात्मक त्वरण भी कहते हैं। इसे दिखाने के लिए त्वरण के सामने ऋणात्मक चिह्न ( - ) लगाया जाता है।

### संवेग (Momentum)

वस्तु के गतिशील हो जाने से उसमें कुछ विशेष गुण उत्पन्न हो जाता है। यह गुण विरामावस्था में उसमें नहीं रहता है। एक लाठी को अगर योही कंधे पर रख लिया जाय तो कोई चोट नहीं लगती; परंतु अगर उसी लाठी को कंधे पर जोर से मारा जाए तो काफी चोट लगेगी। एक पत्थर के टुकड़े को योही हाथ में रख लेने से चोट नहीं लगेगी; लेकिन फेंक कर मारा हुआ पत्थर हाथ में लग जाने से चोट लगेगी। इन बातों से मालूम हो जाता है कि लाठी या पत्थर जब गतिशील हो जाते हैं, तो उनमें एक ऐसा गुण उत्पन्न हो जाता है, जिससे चोट लगती है। वस्तु की गतिशील अवस्था में उत्पन्न इस गुण को संवेग कहते हैं। संवेग का परिमाण उस वस्तु के द्रव्यमान तथा उसके वेग के गुणनफल के समान होता है। अर्थात्, संवेग = द्रव्यमान × वेग ( $\text{Momentum} = \text{mass} \times \text{velocity}$ )। एक ग्राम मात्रा वाली वस्तु का एक सेंटीमीटर प्रति सेकेंड वेग होने पर उसका संवेग एक मात्रक होगा।

### न्यूटन के गति के नियम

गति के संबंध में मुख्यस्थित अध्ययन सर्वप्रथम सुविख्यात अंग्रेज वैज्ञानिक सर आइजक न्यूटन ने किया। इन्होंने गति-संबंधी तीन नियमों का



प्रतिपादन किया। वस्तुओं की गतिशील अवस्था तथा नियमों का अध्ययन, कल-कारखाने बनाने तथा चलाने में सहायता पहुँचाता है।

गति-संबंधी न्यूटन के तीन सिद्धांत वास्तव में स्वयं सिद्ध हैं। कहा जा सकता है कि उन्होंने निरीक्षण तथा अनुभव के आधार पर इन्हें सूत्राकार में वर्णन किया है, ताकि इन्हें गति और बल के अध्ययन का आधार बनाया जा सके। न्यूटन के गति-संबंधी तीन सिद्धांत ये हैं—

(१) वस्तु तब तक विराम की अवस्था में रहेगी या समरूप वेग से एक सरल रेखा में चलती रहेगी, जब तक उसपर बल लगाकर उसकी अवस्था या वेग में परिवर्तन न कर दिया जाए।

(२) सवेग में परिवर्तन की दर (rate of change of momentum) वस्तु पर लगते हुए बल की अनुक्रमानुपाती (directly proportional) होती है। बल जिस दिशा में क्रिया करता है, सवेग में परिवर्तन की दिशा भी वही होती है।

(३) प्रत्येक क्रिया (action) की समान किंतु प्रतिकूल प्रतिक्रिया (reaction) होती है।

न्यूटन के प्रथम नियम को जड़ता का नियम (law of inertia), द्वितीय नियम को बल का नियम (law of force) और तृतीय नियम को प्रतिक्रिया का नियम (law of reaction) कहते हैं।

### जड़ता (Inertia)

मेज पर एक किताब रखी हुई है। अपने आप उसमें गति नहीं आ सकती और न वह उस स्थान से हट ही सकती है। वस्तु को अपनी स्थिति में छोड़ देने से वह उसी अवस्था में पड़ी रहती है। इसी प्रकार गतिशील वस्तु तब तक एकरूप वेग से गतिशील रहती है और एक ही दिशा में एक सरल रेखा में चलती रहती है, जब तक उसके वेग को बदलने के लिए या गति की दिशा परिवर्तित करने के लिए कोई बाह्य बल न लगाया जाए। किसी भी वस्तु के इस गुण को जड़ता कहते हैं।

पदार्थ स्वतः अपनी स्थिति में परिवर्तन नहीं ला सकता—उसकी स्थिति में परिवर्तन लाने के लिए बाहरी बल (external force) की आवश्यकता

होती है। इस प्रकार विराम की अवस्था में स्थित वस्तु में विराम की ही अवस्था में रहने की और गतिशील वस्तु में एकरूप वेग की अवस्था में रहने की प्रवृत्ति होती है। इन्हें क्रमशः विराम-जड़ता (inertia of rest) तथा गति-जड़ता (inertia of motion) कहते हैं।

### विराम-जड़ता

**प्रयोग**—एक काँच का ग्लास लेकर उसके ऊपर एक पतली चिकनी दपती रखिए। दपती के बीच में एक मुद्रा रखिए। एक पेसिल या कलम के हैंडल से दपती को जोर से ऐसे मारिए ताकि दपती छिटककर दूर जा गिरे। देखिएगा कि मुद्रा दपती के साथ न जाकर ग्लास के अंदर गिर गई है। मुद्रा में विराम-जड़ता के कारण ऐसा हुआ है।

इसी प्रकार रुकी हुई गाड़ी जब एकाएक चल देती है तब उसमें खड़ा आदमी पीछे की ओर फेंका जाता है। यह भी विराम-जड़ता के कारण ही होता है। आदमी जब गाड़ी में खड़ा रहता है तब उसके शरीर का निचला भाग गाड़ी के संपर्क में रहता है। इसी कारण गाड़ी में गति आने पर शरीर के निचले भाग में गति आ जाती है, किंतु ऊपरी भाग अपने विराम की अवस्था में रहना चाहता है और इसी कारण से शरीर का ऊपरी भाग गाड़ी चलने की दिशा की विपरीत दिशा में फेंका जाता है।

### गति-जड़ता

चलती गाड़ी से सीधे नीचे उतरने पर आदमी सामने की ओर गिर पड़ता है। यह गति-जड़ता के कारण होता है; क्योंकि गाड़ी पर सवार आदमी में गाड़ी के साथ-साथ गति आ जाती है और एकाएक उतर जाने पर शरीर का निचला भाग जमीन पर आ जाने से स्थिर हो जाता है, किंतु शरीर का ऊपरी भाग गति-जड़ता के कारण आगे बढ़ना चाहता है और आदमी आगे फेंका जाता है। चलती हुई गाड़ी के एकाएक रुक जाने पर उसमें खड़ा आदमी गाड़ी की गति की दिशा की ओर फेंका जाता है। यह भी गति-जड़ता के कारण ही होता है।

### बल का सिद्धांत

**बल (Force)**

न्यूटन के दूसरे सिद्धांत के अनुसार किसी वस्तु के सवेग-परिवर्तन की दर, उस पर लगनेवाले बल की अनुक्रमानुपाती होती है और यह परिवर्तन

बल की दिशा में होता है। हमें पहले ही मालूम हो गया है कि संवेग वस्तु के द्रव्यमान तथा वेग का गुणनफल है।

किसी वस्तु में, जिसका द्रव्यमान स्थिर है, वेग का परिवर्तन होने से इसके संवेग में भी परिवर्तन होता है। न्यूटन के गति के दूसरे नियम के अनुसार किसी वस्तु के संवेग में परिवर्तन की दर उस वस्तु पर आरोपित बल का अनुक्रमानुपाती होती है। इस नियम से बल की जो परिभाषा प्राप्त होती है, वह इस प्रकार है—

“बल वह कारण है जो वस्तु के संवेग में परिवर्तन लाता है या लाने की चेष्टा करता है।” जब आरोपित बल विरामावस्था में पड़ी हुई वस्तु में गति उत्पन्न करता है तब उसके संवेग में भी परिवर्तन होता है। अथवा वह बल जब एक रूप वेग से गतिशील वस्तु के वेग में परिवर्तन लाता है तो भी उसके संवेग में परिवर्तन लाता है। दोनों अवस्थाओं में संवेग में परिवर्तन बाह्य बल के कारण ही होता है।

यदि किसी वस्तु पर दो समान बल विपरीत दिशाओं में लग रहे हों तो परिणामी बल शून्य होगा और संवेग में परिवर्तन नहीं होगा। यद्यपि इस अवस्था में प्रत्येक बल उस वस्तु में संवेग का परिवर्तन उत्पन्न करने की चेष्टा करता है।

मेज पर रखी हुई किताब को हाथ से ठेल देने पर उसमें गति आ जाती है यानी उस पर हाथ से बल लगाया गया और उसमें गति पैदा हो गई। ठेली हुई किताब को अगर दूसरे हाथ से रोक दिया जाए या दूसरी दिशा में ठेल दिया जाए तो किताब की गति को हाथ से बल लगाकर रोका गया या उसकी गति की दिशा में परिवर्तन कर दिया गया।

किसी वस्तु पर दो विपरीत दिशाओं से समपरिमाण के बल लगाने से वह वस्तु विराम की अवस्था में ही रहेगी। यदि मेज पर रखी हुई किताब को दो हाथों से दो विपरीत दिशाओं में समपरिमाण बल लगाकर ठेला जाए तो किताब में गति नहीं आएगी, बल्कि वह विराम की अवस्था में ही रहेगी। किसी वस्तु में गति आना उस पर लगे हुए बलों के परिमाण तथा दिशा पर निर्भर करता है।

## घर्षण बल (Friction)

हाथ से न रोकने पर भी थोड़ी दूर जाकर ठेली हुई किताब रुक जाती है ; क्योंकि किताब \*पर हवा तथा मेज की सतह का घर्षण बल लग रहा था और इसके चलते कुछ दूर जाकर उसे रुक जाना पड़ता है। हवा जितनी तेज होगी या गतिशील वस्तु या जिस तल पर वह चलती है, जितना अधिक खुरदरा होगा, घर्षण बल उतना ही अधिक होगा और चलने वाली वस्तु उतनी ही जल्द रुक जाएगी। हवा का वेग जितना ही कम होगा तथा फिसलने का तल जितना चिकना होगा, घर्षण बल उतना ही कम लगेगा और वस्तु अधिक देर तक गतिशील रहेगी। इसीलिए यंत्र के चलने वाले अंशों में घर्षण बल कम करने के लिए स्नेहक तेल डाला जाता है।

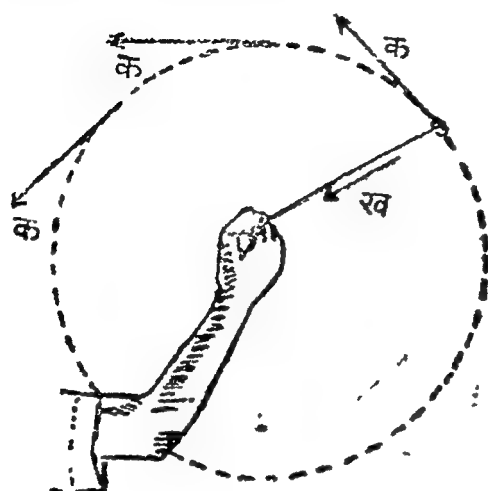
जब एक वस्तु दूसरी वस्तु को स्पर्श करती हुई गतिशील होने का प्रयत्न करती है तो दूसरी वस्तु इस प्रयत्न में प्रतिरोध उत्पन्न करती है। दोनों के स्पर्श तल पर उत्पन्न इस प्रतिरोध बल को घर्षण बल कहते हैं।

घर्षण बल प्रतिरोध उत्पन्न करके हमें केवल नुकसान ही नहीं पहुँचाता है, बल्कि हमारे जीवन में बहुत-से लाभ भी पहुँचाता है। इसके कारण ही हम किसी वस्तु पर खड़े हो सकते हैं तथा चल सकते हैं। वस्तु की सतह जितनी चिकनी होती है, उसपर घर्षण बल उतना ही कम उत्पन्न होता है और उसपर चलने या खड़ा होने में उतनी ही दिक्कत होती है। सतह अधिक चिकनी होने से उसपर गाड़ी के चक्के फिसलते हैं। अतः घर्षण बल के अभाव से गाड़ियाँ आदि भी नहीं चल सकती हैं। घर्षण बल न रहने पर न तो हम कागज पर लिख ही सकते हैं और न पेड़ पर चढ़ सकते हैं—न कील ठोक सकते हैं और न रस्सी में गाँठ ही बाँध सकते हैं। इस प्रकार हमारे नित्य की जीवन-यात्रा में घर्षण बल काफी सहायक होता है।

## अपकेन्द्री (Centrifugal) तथा अभिकेंद्री (Centripetal) बल

धागे में एक ढेला बाँधकर एक केंद्र के चारों ओर वृत्तीय पथ पर, घुमाने से मालूम होगा कि ढेला धागे को इस प्रकार खींच रहा है कि मानो वह वृत्तीय पथ को छोड़कर बाहर भाग जाना चाहता है। वृत्तीय पथ छोड़कर भाग जाने से रोकने के लिए धागे के सहारे उसे खींचकर रखना पड़ता है। इस प्रकार हम देखते हैं कि ढेला जब वृत्ताकार गति से घूमता है तब उसपर

दो प्रकार के बल परस्पर विपरीत दिशाओं में काम करते हैं। एक बल उसे वृत्ताकार पथ से हटाकर केंद्र से दूर ले जाने का प्रयत्न करता है तो दूसरा



[ चित्र ४६—(क) अपकेंद्री बल,  
(ख) अभिकेंद्री बल ]

। बल उसे केंद्र की ओर खींचता है और वृत्ताकार पथ पर कायम रखता है।

जो बल केंद्र से दूर हटाने का प्रयत्न करता है, उसे अपकेंद्री बल और जो बल केंद्र की ओर खींचता है, उसे अभिकेंद्री बल कहते हैं।

अगर घुमाते समय वागा दूट जाए, तो ढेले पर लगनेवाले दोनों प्रकार

के बलों का अंत हो जाता है और गति-जडता के कारण उस समय जिस दिशा में उसका रख था, उसी दिशा में ढेला भाग जाता है। सान पर चाकू तेज करते समय जो आग की चिनगारियाँ निकलती हैं, वे अपकेंद्री बल के कारण ही बाहर की ओर फेंकी जाती हैं।

इसी प्रकार चक्कियो में अनाज पीसते समय बीच में डाला हुआ अनाज अपकेंद्री बल के कारण ही पिसकर बाहर निकल आता है।

### प्रतिक्रिया का सिद्धांत

न्यूटन के गति के तीसरे नियम के अनुसार प्रत्येक क्रिया की, उसके बराबर किन्तु विपरीत दिशा में, प्रतिक्रिया होती है। इस क्रिया को 'प्रतिक्रिया का सिद्धांत' कहा जाता है।

गेंद को जितने जोर (बल) से दीवार पर पटका जाता है, उतने ही जोर (बल) से वह विपरीत दिशा में लौट आता है। अगर हाथ पर एक किलो वजन का एक पदार्थ रखा जाए तो वह वजन हाथ को नीचे की ओर दावेगा। किंतु हाथ भी उस पदार्थ पर समान बल लगाता है, जिसके विपरीत दिशा में

होने के कारण, वह पदार्थ हाथ से नीचे नहीं गिरने पाता है। नाव खेते समय लगी से जमीन पर बल लगाया जाता है और साथ ही जमीन भी विपरीत दिशा में उतना ही बल लगाती है जिसके कारण नाव आगे बढ़ जाती है। इसी प्रकार पैर द्वारा पृथ्वी पर लगाये गये बल की पृथ्वी द्वारा प्रतिक्रिया के फलस्वरूप हम चलते हैं। बंदूक दागने पर कुन्दे का धक्का भी सामने फेंकी गई गोली की विपरीत दिशा में प्रतिक्रिया के फलस्वरूप लगता है।

प्रतिक्रिया का यह नियम सभी अवस्थाओं में—चाहे दोनों वस्तुएँ स्थिर हों या गतिशील, एक गतिशील हो तथा दूसरी स्थिर या दोनों एक दूसरे से सटी हुई हो या दूर हों, हमेशा लागू होता है।

### गुरुत्वाकर्षण (Gravitation)

ऊपर की ओर एक डेला फेंकने पर कुछ दूर तक जाकर वह क्षण भर रुक जाता है और फिर नीचे की ओर गिरने लगता है तथा अंत में जमीन पर आ गिरता है। लेकिन न्यूटन के प्रथम सिद्धांत के अनुसार अगर उस डेले पर कोई बल नहीं लगता, तो उसे ऊपर की ओर ही चलते रहना चाहिए था। पर हम जानते हैं कि ऐसा नहीं होता अर्थात् ऊपर की ओर फेंकी जाने वाली वस्तुओं पर कोई बल अवश्य ही लगता है और उसकी गति की दिशा को परिवर्तित कर देता है।

पृथ्वी प्रत्येक वस्तु को अपने केंद्र की ओर आकर्षित करती है और इसी आकर्षण-बल की क्रिया के कारण ऊपर फेंकी गई वस्तु फिर से जमीन पर आ गिरती है। इस आकर्षण को गुरुत्वाकर्षण कहते हैं।

केवल पृथ्वी ही नहीं बल्कि प्रत्येक वस्तु अन्य प्रत्येक वस्तु को अपनी ओर आकर्षित करती है। जिस वस्तु का द्रव्यमान जितना ही अधिक होगा, उसकी आकर्षण शक्ति भी उतनी ही अधिक होगी।

सर्वत्रव्यापी गुरुत्वाकर्षण-नियम के अनुसार दो वस्तुओं के बीच लगता हुआ पारस्परिक गुरुत्वाकर्षण बल उन वस्तुओं के द्रव्यमान के गुणनफल का अनुक्रमानुपाती तथा उन वस्तुओं के बीच की दूरी के वर्ग का व्युत्क्रमानुपाती होता है।

पृथ्वी के द्रव्यमान की तुलना में पृथ्वी पर की बड़ी से बड़ी वस्तु का द्रव्यमान बहुत ही कम है। इसी कारण पृथ्वी की आकर्षण-शक्ति के सामने अन्यान्य वस्तुओं की आकर्षण-शक्ति बहुत ही नगण्य होती है।

प्रत्येक वस्तु पर पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण उस वस्तु के द्रव्यमान का अनु-क्रमानुपाती होता है। अर्थात् जिस वस्तु का द्रव्यमान जितना अधिक होगा, उसपर पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण बल उतना ही अधिक होगा। इस कारण सभी वस्तुओं के गिरते समय उनके गिरने की गति में त्वरण समान होता है। समान ऊँचाई से दस मन वजन का लोहा तथा आधा सेर वजन का पत्थर एक साथ गिराने से दोनों एक ही साथ जमीन पर आ गिरेगे। गिरती हुई वस्तुओं के त्वरण को अँग्रेजी अक्षर  $g$  द्वारा प्रकट किया जाता है। द्रव्यमान को अँग्रेजी अक्षर  $m$  द्वारा प्रकट किया जाता है। किसी वस्तु पर लगे हुए गुरुत्वाकर्षण बल को  $m \times g$  द्वारा प्रकट किया जाता है।

सत्रहवीं सदी में सर आइजक न्यूटन ने ही सर्वप्रथम गुरुत्वाकर्षण सिद्धांत का प्रतिपादन किया था। कहा जाता है कि अपने बगीचे में पेड़ से एक सेब को गिरते देखकर उनके मन में प्रश्न उठा कि सेब ऊपर न जाकर जमीन पर ही क्यों आ गिरता है। इस क्यों के उत्तर में उन्होंने गुरुत्वाकर्षण के सिद्धांत का प्रतिपादन किया।

लेकिन उनसे पाँच सौ साल पहले बारहवीं सदी में भारतीय ज्योतिष-शास्त्री महापंडित भास्कराचार्य ने अपने ग्रन्थ 'सिद्धांत शिरोमणि' में लिखा था—

“आकृष्टि शक्तिश्च महीयत ।  
स्वस्थं गुरु स्वाभिमुखं स्वाशक्त्या ॥  
आकृष्यते तन पततीवभाती ।  
समे समन्तात् क्व पतत्वियं सखे ॥”

‘जब कोई वस्तु पृथ्वी पर गिरती है, तो ऐसा इसलिए होता है कि पृथ्वी उसे केंद्र की ओर आकर्षित करती है। आकाशस्थ वस्तुओं में परस्पर आकर्षण के कारण ही वे अपने-अपने स्थान को नहीं छोड़ते हैं।’

इस प्रकार हम देखते हैं कि भारतीय ज्योतिषियों ने भी न्यूटन से लगभग ५०० साल पहले ही गुरुत्वाकर्षण के सिद्धांत का आविष्कार किया था। फिर भी यह सही है कि सर्वप्रथम सुव्यवस्थित तथा व्यापक रूप से इस सिद्धांत का प्रतिपादन न्यूटन ने ही किया था।

## घनत्व तथा आर्किमिदिस का सिद्धांत

## घनत्व (Density)

समान आयतन के एक काठ और एक लोहे के टुकड़े को उठा लेने पर एक कम और दूसरा अधिक वजनदार मालूम पड़ेगा। एक बोरा रुई और उसी आकार के एक बोरा चीनी के वजन में काफी अंतर होता है। इसी प्रकार सामान आकार का एक पात्र पानी और एक पात्र पारा तौलने पर बहुत बड़ा अंतर दिखाई पड़ेगा। ऐसा क्यों? ऐसा इसलिए होता है कि विभिन्न वस्तुओं का घनत्व भिन्न-भिन्न होता है। प्रत्येक वस्तु के इकाई-आयतन में पदार्थ के द्रव्यमान (mass) को उस वस्तु का घनत्व कहते हैं। इसी प्रकार किसी वस्तु का घनत्व मालूम करने के लिए पहले उसका आयतन और द्रव्यमान निकालना पड़ता है। फिर द्रव्यमान को आयतन से भाग देने पर उसका घनत्व अर्थात् द्रव्यमान प्रति इकाई आयतन निकल आएगा। अर्थात्

$$\text{घनत्व} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}$$

से० मी० ग्रा० सेक० (C. G. S.) पद्धति में एक घन सेंटीमीटर लोहे का द्रव्यमान ७.७ ग्राम है अर्थात् लोहे का घनत्व ७.७ प्रति घन सेंटीमीटर है। एक घन से० मी० जल का द्रव्यमान १ ग्राम होता है और १ घन से० मी० सोने का द्रव्यमान १९.३ ग्राम होता है। अतः इनके घनत्व क्रमशः १ ग्राम प्रति घन से० मी० तथा १९.३ ग्राम प्रति घन से० मी० है। घनत्व का मान हमेशा द्रव्यमान प्रति इकाई आयतन के मात्रक से लिखना चाहिए—जैसे ग्राम प्रति घन से० मी० या पाउण्ड प्रति घनफुट आदि।

इस प्रकार किसी वस्तु के घनत्व द्रव्यमान तथा आयतन में कोई दो मालूम होने से आसानी से तीसरे को मालूम किया जा सकता है। जैसे—

$$\text{द्रव्यमान} \div \text{आयतन} = \text{घनत्व}$$

$$\text{द्रव्यमान} \div \text{घनत्व} = \text{आयतन}$$

$$\text{घनत्व} \times \text{आयतन} = \text{द्रव्यमान}$$

## आपेक्षिक घनत्व (Relative density)

समान आयतन के काग और लोहे के टुकड़े का वजन करने से काग के टुकड़े का वजन लोहे के टुकड़े के वजन से बहुत कम पाया जाएगा। इसका



अर्थ यह हुआ कि काग का घनत्व लोहे के घनत्व से बहुत कम है। काग तथा लोहे के घनत्व का अनुपात इन दोनों पदार्थों का आपेक्षिक घनत्व है। दो पदार्थों का आपेक्षिक घनत्व उन दोनों पदार्थों के घनत्व का अनुपात है अर्थात् पदार्थों का आपेक्षिक घनत्व उन पदार्थों के सम आयतन के द्रव्यमानों की तुलना से प्राप्त होता है।

जैसे—एक घन से० मी० लोहे का द्रव्यमान ७.७ ग्राम तथा एक घन से० मी० काग का द्रव्यमान ०.२ ग्राम है। इसलिए काग के सापेक्ष लोहे का आपेक्षिक घनत्व =  $\frac{\text{लोहे का घनत्व}}{\text{काग का घनत्व}} = \frac{७.७ \text{ प्रति घन से० मी०}}{०.२ \text{ प्रति घन से० मी०}} = ३८.५$

दो घनत्वों के अनुपात होने के कारण आपेक्षिक घनत्व केवल एक संख्या द्वारा सूचित किया जाता है जो मात्रक की पद्धति पर निर्भर नहीं करती है। लोहे और काग के घनत्व यदि पाँड प्रति घनफुट में मापे जाएँ तथा एक को दूसरे से भाग दिया जाय तो फिर भी वही संख्या—३८.५ प्राप्त होगी।

एक घन से० मी० शुद्ध जल का द्रव्यमान, ४°C पर एक ग्राम होता है। इस कारण जल के सापेक्ष किसी भी पदार्थ का आपेक्षिक घनत्व उस पदार्थ के घनत्व के बराबर होता है। नीचे कई पदार्थों का एक घन से० मी० आयतन के द्रव्यमान तथा घनत्व की तालिका दी जा रही है।

पदार्थ का नाम	द्रव्यमान	घनत्व
एक घन से० मी० आयतन		
पानी	१ ग्राम	१ ग्राम प्रति घन से० मी०
" " वरफ	०.६२ "	०.६२ " "
" " काग	०.२ "	०.२ " "
" " सोना	१९.३ "	१९.३ " "
" " ताँबा	८.६ "	८.६ " "
" " पीतल	८.३ "	८.३ " "
" " अल्युमिनियम	२.६ "	२.६ " "
" " सीसा	११.३ "	११.३ " "
" " पारा	१३.६ "	१३.६ " "
" " लोहा	७.७ "	७.७ " "

**विशिष्ट गुरुत्व (Specific gravity)**

किसी वस्तु का विशिष्ट गुरुत्व उस वस्तु का द्रव्यमान तथा सम आयतन के जल के द्रव्यमान का अनुपात है। अर्थात्  $4^{\circ}\text{C}$  पर शुद्ध जल के सापेक्ष उस वस्तु का आपेक्षिक घनत्व है।

प्रत्येक वस्तु का एक निश्चित विशिष्ट गुरुत्व होता है। इसके द्वारा प्रत्येक वस्तु के घनत्व के साथ  $4^{\circ}\text{C}$  तापमान पर जल के घनत्व का अनुपात मालूम हो जाता है।

$$\therefore \text{वस्तु का विशिष्ट गुरुत्व} = \frac{\text{वस्तु का घनत्व}}{\text{जल का घनत्व } (4^{\circ}\text{C पर)}}$$

$$\therefore \text{घनत्व} = \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}}$$

$$\therefore \text{वस्तु का वि० गु०} = \frac{\text{वस्तु का द्रव्यमान}}{\text{समान आयतन के जल का द्रव्यमान } (4^{\circ}\text{C पर)}}$$

मीटरी प्रणाली में १ घन से० मी० जल का वजन १ ग्राम होने के कारण इस प्रणाली में वस्तु के घनत्व का सख्यात्मक मान उसके वि० गु० के समान होता है। अंग्रेजी प्रणाली में एक घन फुट पानी का वजन ७२.५ पाउंड होने के कारण इसमें ऐसा नहीं होता है। लेकिन, मात्रक चाहे जिस प्रणाली का हो, वि० गु० का मान, सख्या मात्र होने के कारण, उसमें कोई अंतर न होगा।

पीतल, ताँबा, लोहा, सीसा, अल्युमिनियम आदि धातुओं के बने हुए छोटे-छोटे घनों (Cubes) को नापकर और तौलकर उन वस्तुओं का घनत्व आसानी से निकाला जा सकता है। उदाहरण के लिए, ताँबे का घनत्व निकालना है तो ताँबे का एक घन लीजिए। अगर घन का एक किनारा मापने पर २ सें० मी० निकले तो उस घन का आयतन  $2 \times 2 \times 2 = 8$  घन सें० मी० होगा। तौलने से मालूम पड़ेगा कि इस घन का वजन अर्थात् द्रव्यमान ७१.२ ग्राम है। अब ताँबे का घनत्व निम्नलिखित विधि से निकाला जाएगा :—

$$\therefore \frac{\text{द्रव्यमान}}{\text{आयतन}} = \text{घनत्व}, \quad \therefore \frac{71.2}{8} = 8.9 \text{ ग्राम प्रति घन से० मी०}$$

इस विधि से किसी भी वस्तु का, जिसका आकार नियमित हो, घनत्व निकाला जा सकता है।

किसी भी टेढ़ी-मेढ़ी (irregular) ठोस वस्तु का विशिष्ट गुणत्व निकालने के लिए उसे पहले कमानीदार तुला की सहायता से तौलकर मीटररी मापक में उसका द्रव्यमान निकाल लीजिए। मान लीजिए यह  $M_1$  ग्राम है। मीटररी प्रणाली से चिह्नित एक मापक बेलन में इतना पानी या अन्य कोई द्रव पदार्थ भर दीजिए कि वस्तु उसमें पूर्णतः डूब जा सके। खयाल रखना पड़ेगा कि वस्तु उसमें डालने से पानी छलककर गिर न जाए और वह द्रव पदार्थ ऐसा नहीं हो कि उसमें वह ठोस वस्तु घुल जाए। जहाँ तक द्रव भरा गया है, उसे सावधानी से देखकर नोट कर लीजिए। अब वस्तु को द्रव में डुबो दीजिए और काँच की एक पतली छड़ से हिला-हिलाकर उसमें लगे हुए बुलबुलो को तोड़ दीजिए। अब द्रव जहाँ तक ऊपर चढ़ आया है, उसे देखकर नोट कर लीजिए। दोनों पठनों का अंतर वस्तु का आयतन है। मान लीजिए यह  $M_2$  घ० सें० मी० है। साथ ही मीटररी प्रणाली में होने के कारण, अगर बेलन का द्रव जल हो तो, इस अंतर के संख्यात्मक मान से उस आयतन के जल का द्रव्यमान भी मालूम हो जायगा अर्थात् पानी का द्रव्यमान  $M_2$  ग्राम है।

$$\therefore \text{वस्तु का घनत्व} = \frac{M_1}{M_2} \text{ प्रति घ० सें० मी० है।}$$

अगर वस्तु को जल में डुबाया गया हो तो वस्तु का वि० गु० =  $\frac{M_1}{M_2}$  प्रति घ० सें० मी० है।

मिट्टी का तेल या अन्य किसी द्रव पदार्थ का वि० गु० निकालने के लिए एक मापक बेलन लेकर उसे पहले तौल लीजिए। मान लीजिए कि बेलन का द्रव्यमान  $M_1$  है। बेलन में एक निर्दिष्ट माप तक जल डालिए और फिर उसे तौलिए। मान लीजिए यह  $M_2$  है। अब पानी को फेंक दीजिए और बेलन को अच्छी तरह सुखा लीजिए। अब उसमें जिस द्रव का वि० गु० निकालना हो, उसे उस निर्दिष्ट माप तक भर दीजिए और बेलन को फिर से वजन कीजिए। मान लीजिए यह द्रव्यमान  $M_3$  है—

∴ निर्दिष्ट आयतन के जल का द्रव्यमान  $= M_2 - M_1$  और समान आयतन के द्रव का द्रव्यमान  $= M_3 - M_1$

∴ द्रव का वि० गु०  $= \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1}$  होगा ।

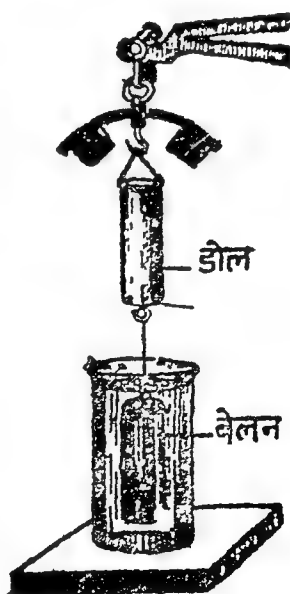
### आर्किमिदिस का सिद्धांत

जब किसी वस्तु को, पानी या किसी दूसरे द्रव में अशत या पूर्णतः डुबाया जाता है, तब उस वस्तु का वजन कम मालूम पड़ने लगता है। वस्तु के वजन में यह आभासी (apparent) कमी, उस वस्तु द्वारा हटाये गए पानी या द्रव के वजन के समान होता है। इसे आर्किमिदिस का सिद्धांत कहते हैं; क्योंकि इस सिद्धान्त के आविष्कारक थे विख्यात ग्रीक वैज्ञानिक आर्किमिदिस ।

### आर्किमिदिस के सिद्धांत को सिद्ध करना

इस सिद्धांत को आसानी से एक प्रयोग द्वारा सिद्ध किया जा सकता है, जिसे 'डोल' और 'वेलन-प्रयोग' कहते हैं ।

**प्रयोग—**सम आयतन का एक डोल और वेलन लीजिए। वेलन का आयतन ऐसा होना चाहिए कि वह उस डोल में ठीक से बैठ जाए। अब डोल को एक तुला के वाएँ पलड़े में लगे हुए हुक के साथ लटका दीजिए और वेलन को डोल की पेदी पर लगे हुए हुक से लटका दीजिए। दाएँ पलड़े पर वाट रखकर तुला की डंडी को संतुलित कीजिए। अब एक खाली बीकर इस प्रकार एक तख्ते पर रखिए कि वेलन बीकर के अंदर रहे, लेकिन बीकर की दीवारों का स्पर्श कर न करे। अब सावधानी से उस बीकर में इतना पानी डालिए कि वेलन डूब जाए। वेलन के पानी में डूबते ही तुला की डंडी हिलने लगेगी और दाईं ओर झुक जाएगी। अब धीरे-धीरे डोल में पानी डालिए,



[ चित्र ६७—डोल और वेलन-प्रयोग ]

ताकि डोल पानी से भर जाए। डोल के पानी से भर जाते ही तुना की डंडी फिर से संतुलित हो जाएगी, क्योंकि डोल का भीतरी आयतन बेलन के आयतन के बराबर है। अतः यह सिद्ध हो जाता है कि बेलन को पानी में डुबाने से भार में आभासी कमी, उसके द्वारा हटाये गये पानी के आयतन के भार के बराबर है।

आर्किमिडिस के सिद्धांत से यह भी मान्य हो जाता है कि जब कोई वस्तु पानी पर तैरती है तो उस समय उनका वजन आभासी तौर पर शून्य हो जाता है, क्योंकि उस वस्तु द्वारा हटाये गए पानी का ऊर्ध्व दाब उसके वजन के समान होता है। किसी द्रव्य में पूर्णतः या अंशतः डूबी हुई वस्तु पर उस द्रव के ऊर्ध्व दाब को उस द्रव का उत्प्लावन (buoyancy) कहते हैं।

### आर्किमिडिस के सिद्धांत का व्यावहारिक प्रयोग

ठोस वस्तु का वि० गु० निकालना

आर्किमिडिस के सिद्धांत की सहायता से वस्तुओं का वि० गु० निकाला जा सकता है।

मान लीजिए कि लोहे का वि० गु० निकालना है। लोहे के एक टुकड़े को घागे में बांधकर उसे कमानीदार तराजू में तौल लीजिए। फिर एक जार में पानी भरकर तराजू में लटका कर ही उसे पानी में डालिए। देखिएगा कि वस्तु का वजन काफी कम हो गया है। लोहे के टुकड़े के वजन में यह आभासी कमी, उसके आयतन के समान पानी के वजन के समान होगी।

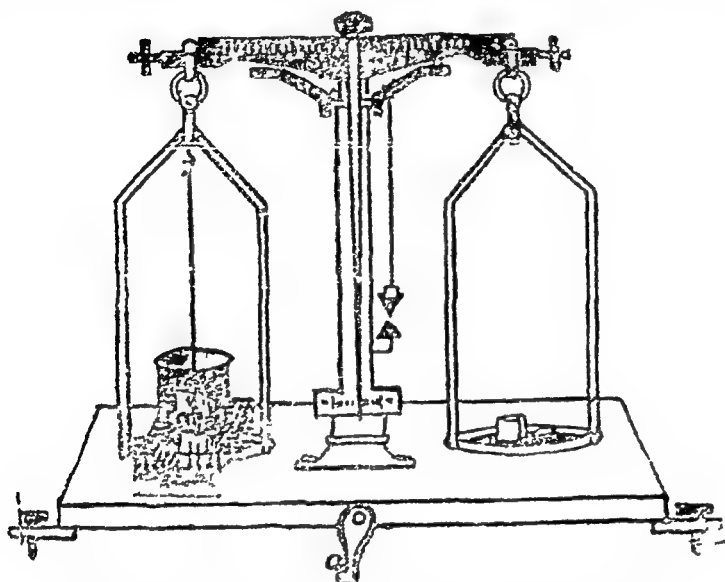
मान लिया जाए कि हवा में तौलते समय लोहे के टुकड़े का द्रव्यमान  $M_1$  था और पानी में  $M_2$ ; अर्थात् पानी में इसके वजन की आभासी कमी  $M_1 - M_2$  है। यानी उस आयतन के पानी का द्रव्यमान  $M_1 - M_2$  है।

आर्किमिडिस के सिद्धांत के अनुसार किसी भी वस्तु के वि० गु० को निम्नलिखित उपाय से जान सकते हैं —

$$\therefore \text{वस्तु का वि० गु०} = \frac{\text{वस्तु के किसी भी आयतन का द्रव्यमान}}{\text{समान आयतन के जल का द्रव्यमान}}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{लोहे के टुकड़े का वि० गु०} &= \frac{\text{लोहे के टुकड़े का द्रव्यमान}}{\text{समान आयतन के जल का द्रव्यमान}} \\ &= \frac{M_1}{M_1 - M_2} \end{aligned}$$

पलडेदार तराजू से भी इस विधि द्वारा वि० गु० निकाला जा सकता है। इस प्रयोग के लिए वस्तु को धागे में बाँधकर बाईं ओर की डंडी के पलड़े के साथ लटका दिया जाता है और दाहिने पलड़े पर बाट रखकर उसे



[ चित्र ४८—पलडेदार तराजू से पानी में डूबी वस्तु के वजन में आभासी कमी का ज्ञान ]

तौल लिया जाता है। फिर बाएँ पलड़े के ऊपर से एक तख्ती इस तरह रख दी जाती है कि वह पलड़े को छूए नहीं। इस तख्ती पर एक बीकर में पानी रख कर टुकड़े को उसमें डुबाने से वजन में आभासी कमी मालूम हो जाती है।

द्रव पदार्थ का वि० गु० निकालना

किसी द्रव पदार्थ का वि० गु० निकालने के लिए पहले समान आयतन के उस द्रव पदार्थ तथा जल का द्रव्यमान निकालना पड़ेगा। इसके लिए जल तथा उस द्रव में डूबने वाले किसी पदार्थ का टुकड़ा लेकर पहले उसे हवा में तौला जाता है। मान लिया जाए कि उसका द्रव्यमान हवा में  $M_1$  है। अब पहले उसे द्रव में डुबो कर तौला जाता है। मान लिया जाए कि अब उसका आभासी द्रव्यमान  $M_2$  है, अर्थात् उस आयतन के द्रव का द्रव्यमान  $(M_1 - M_2)$  है। फिर उस ठोस पदार्थ को अच्छी तरह सुखाकर पानी में

डालकर तौला जाता है। मान लिया जाए कि इस बार उसका आभासी द्रव्यमान  $M_3$  है अर्थात् सम आयतन के जल का द्रव्यमान ( $M_1 - M_3$ ) है।

$$\therefore \text{उस द्रव का वि० गु०} = \frac{M_1 - M_3}{M_1 - M_3} \text{ (द्रव का द्रव्यमान) (समान आयतन के जल का द्रव्यमान)}$$

मिट्टी का तेल, दूध आदि सभी द्रव पदार्थ का वि० गु० इस रीति से निकाला जा सकता है।

पानी में तैरने वाली वस्तु का वि० गु० निकालना

ऐसी वस्तु का वि० गु० निकालने के लिए एक डुबीना (sinker) का इस्तेमाल करना पड़ता है। पहले वस्तु को हवा में तौल लिया जाता है। मान लिया जाए कि हवा में उसका द्रव्यमान  $M_1$  है। फिर डुबीना को जल में लटका कर तौला जाता है। मान लिया जाए कि उसका आभासी द्रव्यमान  $M_2$  होता है। अब डुबीना के साथ वस्तु को जोड़कर दोनों को जल में डुबाया जाता है और दोनों को एक साथ तौला जाता है। मान लिया जाए कि इस बार तौल  $M_3$  है।

$$\text{हवा में वस्तु का द्रव्यमान} = M_1$$

$$\text{जल में डुबीना का आभासी द्रव्यमान} = M_2$$

$$\text{जल में दोनों का संयुक्त आभासी द्रव्यमान} = M_3$$

$$\therefore \text{जल में वस्तु का आभासी द्रव्यमान} = M_3 - M_2$$

अर्थात् जल में वस्तु के द्रव्यमान में आभासी कमी =

$$M_1 - (M_3 - M_2) = M_1 - M_3 + M_2 = M_1 + M_2 - M_3$$

इस प्रकार वस्तु के आयतन समान आयतन के जल का द्रव्यमान =

$$M_1 + M_2 - M_3$$

$$\therefore \text{वस्तु का वि० गु०} = \frac{M_1}{M_1 + M_2 - M_3}$$

बहुत बड़ी वस्तु का वजन निकालना

अगर एक साधारण तराजू देकर एक हाथी का वजन निकालने को कहा जाए, तो आर्किमिडिस के इस विख्यात सिद्धांत की सहायता से उसे भी तौला जा सकता है।

पहले हाथी को एक नाव पर चढ़ाया जाय और उसके चढ़ जाने पर नाव जहाँ तक पानी में डूबा हो वहाँ पर चिह्न लगाया जाय । फिर हाथी को उतारकर नाव को बालू या पत्थरों के टुकड़ों से तब तक भरा जाए, जब तक नाव उस चिह्न तक फिर पानी में डूब न जाए । अब थोड़ा-थोड़ा करके इस बालू या पत्थर के टुकड़ों को तौला जाए । हाथी और इस बालू या पत्थर के टुकड़ों का वजन समान होगा ; क्योंकि दोनों के द्वारा सम परिमाण में पानी को हटाया गया है ।

इस युक्ति से किसी भी बड़ी वस्तु का वजन छोटे-से तराजू की सहायता से मालूम किया जा सकता है ।

### जहाज, नाव आदि का तैरना

वस्तु पर पानी का ऊर्ध्व दाव या उत्प्लावकता डूबनेवाली वस्तुओं द्वारा हटाये गए पानी के समान होता है । वस्तु पानी के अंदर का जितना स्थान घेरेगी अर्थात् उसका आयतन जितना अधिक होगा, उसपर पानी का उत्प्लावन उतना ही अधिक होगा । क्योंकि, आयतन अधिक होने से डूबने पर वह अधिक परिमाण में पानी को विस्थापित करेगी और उसे पानी के अधिकतर उत्प्लावन का मुकाबला करना पड़ेगा । यदि पूर्णतः डुबाये जाने पर वस्तु द्वारा विस्थापित पानी का वजन, वस्तु के वजन से अधिक हो तो पानी का उत्प्लावन उस वस्तु को ऊपर फेंक देगा और वस्तु पानी की सतह पर आकर तैरती रहेगी और फिर इस साम्यावस्था में उसके डूबे हुए अंश द्वारा विस्थापित पानी का वजन (पानी का उत्प्लावन) उस वस्तु के वजन के बराबर होगा । जिस वस्तु का घनत्व पानी के घनत्व से अधिक होगा वह पानी में डूब जायगी, क्योंकि उसके द्वारा विस्थापित पानी का वजन उस वस्तु के वजन से कम होगा । जिस वस्तु का घनत्व पानी के घनत्व से कम होगा, उस वस्तु को पानी में डुबाने से विस्थापित पानी का वजन उस वस्तु के वजन से अधिक होगा और वह वस्तु पानी पर तैरती रहेगी ।

समान वजन के लोहे के दो चदरे लेकर एक को पानी में डाल दिया जाय तो वह डूब जायगा, क्योंकि इसका घनत्व पानी के घनत्व से बहुत अधिक है । किन्तु यदि दूसरे चदरे को मोड़कर कटोरी या नाव का रूप दे दिया जाय, तो वह पानी में तैरता रहेगा ; क्योंकि अपनी विशेष आकृति के



कारण यह चदरा अपने वास्तविक आयतन से बहुत ही अधिक आयतन का पानी विस्थापित करता है और इस विस्थापित पानी का वजन ( पानी का उत्प्लावन ) उस चदरे के वजन से बहुत अधिक हो जाता है । इस कारण कटोरी या नाव की आकृति का लोहे का वह चदरा पानी की सतह पर ही तैरता रह जाता है । इसी सिद्धांत के आधार पर नाव, जहाज आदि बनते हैं । अतः अगर वस्तु पर पानी का उत्प्लावन उसके वजन से कम हो तो वस्तु पानी में डूबेगी । अगर उत्प्लावन वस्तु के वजन से अधिक हो तो वस्तु पानी के ऊपर तैरती रहेगी ।

### पनडुब्बी (Submarine)

यह एक ऐसा जहाज होता है, जो पानी के अंदर तथा पानी के ऊपर—दोनों जगह चल सकता है । साधारण जहाज की तरह, उसी सिद्धांत के अनुसार, यह पानी के ऊपर तैरता है । लेकिन इसके अंदर कई हौज बने हुए होते हैं, जिन्हें इच्छानुसार पानी से भर दिया जा सकता है या खाली किया जा सकता है । जहाज को पानी के नीचे ले जाने के लिए इन हौजों को पानी से भर दिया जाता है, ताकि जहाज का वजन हटाये गए पानी के वजन से अधिक हो जाए और वह पानी के उत्प्लावन का अतिक्रमण कर पानी में डूब सके ।

पानी के ऊपर आने के लिए, फिर से पंप की सहायता से हौजों में से पानी निकाल दिया जाता है और वजन कम हो जाने के कारण पानी के उत्प्लावन के कारण जहाज ऊपर आ जाता है ।

### जीवन-वेल्ट (Life belt)

यह रबर के खोखले चक्के जैसा बना हुआ होता है । जहाज, नाव आदि में ये इसलिए रखे जाते हैं कि अगर जहाज आदि डूबने लगे, तो इसके सहारे से आदमी पानी में तैर सके । जीवन-वेल्ट में हवा भरकर फुला देने से उसका आयतन उसके वजन की तुलना में बहुत बड़ा हो जाता है । अतः पानी के उत्प्लावन से वह पानी पर तैरता रहता है और आदमी का बोझ पड़ने पर भी नहीं डूबता है बल्कि तैरता ही रहता है ।

## गुब्बारा (Balloon)

वायु तथा अन्य गैसों के साथ भी आर्किमिदिस का सिद्धांत लागू होता है। हटाई गई वायु के वजन से अर्थात् वस्तु वायु में जितना स्थान घेरती है, उतने आयतन की वायु के वजन से वस्तु का वजन कम होने से वह वायु में तैरने लगती है। गुब्बारे पतले रबर आदि से बनते हैं। इसमें वायु से कम घनत्व वाला कोई गैस—जैसे हाइड्रोजन गैस—भर दिया जाता है। इस अवस्था में हटाई गई वायु से गुब्बारे का वजन कम होता है और वह वायु में तैरने लगता है अर्थात् वायु में प्लवमान हो जाता है।

## द्रव-घनत्वमापी (Hydrometer)

द्रव पदार्थ का घनत्व मापने के लिए एक प्रकार का यंत्र व्यवहार किया जाता है। इसे द्रवघनत्वमापी कहते हैं। इससे वस्तुओं का विशिष्ट गुरुत्व मालूम हो जाता है। द्रवघनत्वमापी दो प्रकार के होते हैं :—साधारण द्रवघनत्वमापी तथा निकलसन द्रव-घनत्वमापी।

### साधारण द्रव-घनत्वमापी (Common hydrometer)

साधारण द्रव-घनत्वमापी को सीधे लव रूप में, द्रव में डुबाया जाता है। जिस द्रव का घनत्व जितना अधिक होगा, द्रवघनत्वमापी उसमें उतना ही कम डूबेगा। द्रव-घनत्वमापी पर वि० गु० का मान चिह्नित रहता है और उसे देखकर द्रव का वि० गु० मालूम किया जाता है।

साधारण द्रव-घनत्वमापी की लंबाई लगभग २५ से० मी० होती है। यह एक काँच की खोखली नली से बनता है। नली का ऊपरी भाग पतला होता है और निचले भाग में एक छोटी घुंड़ी बनी हुई होती है। दोनों के बीच में एक बेलनाकार बड़ी घुंड़ी रहती है। छोटी घुंड़ी में इतना पारा भर दिया जाता है कि द्रव-घनत्वमापी द्रव में सीधा तैर सके। बड़ी घुंड़ी के ऊपर



[चित्र ४६—साधारण द्रव-घनत्वमापी]

की पतली नली अंशांकित होती है। इस प्रकार से बने हुए द्रव-घनत्वमापी को ज्ञात वि० गु० वाले द्रव्यों में डुबाकर अंशों पर उनका मान लिख दिया जाता है।

जब किसी द्रव का वि० गु० जानना हो तो उसे एक जार में भरकर उसमें द्रव-घनत्वमापी को तैरा दिया जाता है। द्रव-घनत्वमापी के स्थिर हो जाने पर उसमें लिखे हुए स्केल में द्रव की सतह पर के मान को पढ़ लिया जाता है। यही उस द्रव का वि० गु० है।

एक ही साधारण द्रव-घनत्वमापी ने सभी प्रकार के द्रव का वि० गु० मालूम नहीं किया जा सकता; क्योंकि प्रत्येक द्रव-घनत्वमापी की एक निश्चित निम्नतम और उच्चतम सीमा होती है। उससे कम या अधिक वि० गु० वाले द्रवों का वि० गु० इसमें नहीं मापा जा सकता है। इसलिए विभिन्न द्रवों के वि० गु० मापने के लिए विभिन्न परास (Range) वाले द्रव-घनत्वमापी काम में लाए जाते हैं।<sup>2</sup>

### दुग्ध-घनत्वमापी (Lactometer)

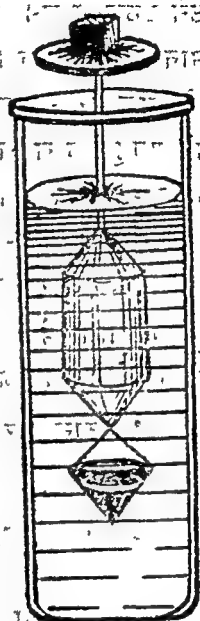
दूध की शुद्धता जानने के लिए इस यंत्र का व्यवहार किया जाता है। इसकी बनावट साधारण द्रव-घनत्वमापी जैसी होती है। शुद्ध दूध का घनत्व १.०१६ से १.०३३ तक होता है। पानी से दूध का घनत्व अधिक होने के कारण दूध में पानी मिला देने पर उसका घनत्व घट जाता है और उसमें दुग्ध-घनत्वमापी को तैरा देने से उसके घनत्व की कमी मालूम हो जाती है। लेकिन पानी मिले हुए दूध में उचित मात्रा में चीनी, मँदा, अरारूट आदि मिला देने से उसका घनत्व ठीक हो जाता है। इसलिए दुग्ध-घनत्वमापी से दूध की शुद्धता की जाँच करते समय उसे चखकर देख लेना चाहिए कि उसमें ऐसी कोई वस्तु मिली हुई है या नहीं।

दूध से मक्खन निकाल लेने से उसका घनत्व अधिक हो जाता है। ऐसी हालत में उसमें दुग्ध-घनत्वमापी डालने से उसके घनत्व में इस बढ़ती का पता चल जाता है और मालूम हो जाता है कि दूध से मक्खन निकाल लिया गया है। साधारणतः दुग्ध-घनत्वमापी का परास १.०१५ से १.०४५ होता है।

### निकलसन द्रव-घनत्वमापी

इस द्रव-घनत्वमापी की सहायता से द्रव तथा ठोस, दोनों प्रकार की वस्तुओं का वि० गु० निकाला जा सकता है।

निकलसन द्रव-घनत्वमापी में एक धातु-निर्मित खोखला वेलन-सा होता है। वेलन के दोनों सिरे शंकुनुमा होते हैं। ऊपर के सिरे में धातु-निर्मित एक डंठल लगा होता है और नीचे के सिरे से एक छोटी धातु-निर्मित शंकुनुमा प्याली लटकती रहती है। ऊपर के डंठले पर एक थाली जैसी चकती लगी रहती है। डंठल में एक चिह्न लगा रहता है। द्रव-घनत्वमापी को द्रव में सीधा खड़ा रखने के लिए नीचे की शंकुनुमा प्याली में थोड़ा-सा पारा या सीसे के टुकड़े डाल दिए जाते हैं।



निकलसन द्रव-घनत्वमापी की सहायता से द्रव का वि० गु० निकालना

निकलसन द्रव-घनत्वमापी को पहले हवा में तौलकर उसका वजन मालूम कर लिया जाता है। [ चित्र ५०—निकलसन मान लीजिए, यह वजन  $M_1$  है। अब द्रव-घनत्वमापी द्रवघनत्वमापी ] को पानी में डालकर डंठल पर लगे हुए थाल में वाट रखकर उसे डंठल में लगे हुए निर्दिष्ट चिह्न तक डुबाया जाता है। मान लिया जाए कि इस वाट का वजन  $M_2$  है अर्थात् इस अवस्था में द्रव-घनत्वमापी द्वारा हटाये गए पानी का द्रव्यमान  $M_1 + M_2$  है। फिर द्रव-घनत्वमापी को ठीक से सुखाकर, जिस द्रव का वि० गु० जानना हो, उसमें डाला जाता है और थाल पर वाट रखकर फिर से उसे उस चिह्न तक डुबाया जाता है। अगर इस वाट का वजन  $M_3$  है तो अब द्रव-घनत्वमापी द्वारा हटाये गए द्रव का द्रव्यमान  $M_1 + M_3$  होगी।

$$\therefore \text{द्रव का वि० गु०} = \frac{M_1 + M_3}{M_1 + M_2}$$

## ठोस का वि० गु० निकालना

निकलसन द्रव-घनत्वमापी द्वारा ठोस का वि० गु० मालूम करने के लिए पहले द्रव-घनत्वमापी को पानी में तैराया जाता है और थाल पर बाट रखकर उसे डंठल में नगे हुए चिह्न तक डुबाया जाता है। इन बाटों का वजन  $M_1$  माना जाए। अब जिस वस्तु का वि० गु० मालूम करना है, उसके एक टुकड़े को थाल पर रखकर बाटों को घटा कर डंठल में नगे हुए चिह्न को पानी की सतह तक लाया जाता है। मान लिया जाए कि अब थाल पर के बाटों का वजन  $M_2$  है। इस प्रकार ठोस का वायु में भार  $M_1 - M_2$  होता है। फिर ठोस को द्रव-घनत्वमापी के नीचे लगी हुई प्याली में रखकर तैराया जाता है और थाल पर बाट रखकर द्रव-घनत्वमापी को उस चिह्न तक डुबाया जाता है। मान लिया जाए कि बाटों का द्रव्यमान  $M_3$  है। अर्थात् पानी में ठोस का आभासी द्रव्यमान  $M_1 - M_3$  होता है।

∴ ठोस द्वारा हटाये गये पानी का द्रव्यमान

$$= (M_1 - M_2) - (M_1 - M_3)$$

$$= M_1 - M_2 - M_1 + M_3 = M_3 - M_2$$

$$\therefore \text{ठोस का वि० गु०} = \frac{M_1 - M_2}{M_3 - M_2}$$

## वायु का दाब

### वायुमंडल

वायु हमारा जीवन है। इसके बिना किसी भी जीव का जीवित रहना असंभव है। पृथ्वी चारों ओर से वायु से घिरी हुई है। वायु के इस आवरण (घेरे) को वायुमंडल (atmosphere) कहते हैं।

वायु का न तो कोई गंध ही होता है और न कोई रंग या स्वाद। इसलिए वायु को न तो हम आँखों से ही देख सकते हैं और न इसका कोई स्वाद या गंध ही अनुभव कर सकते हैं। लेकिन वायु के स्पर्श से तथा वायु द्वारा पेड़-पौधों की पत्तियों आदि को हिलते देखकर ही हम उसका अस्तित्व जान पाते हैं। आँधी-तूफान के समय इसकी भयंकर शक्ति का परिचय भी हमें मिल जाता है।

हम हमेशा वायु-समुद्र में डूबे रहते हैं। अगर विशेष यांत्रिक उपाय से किसी स्थान को वायुशून्य न किया जाए, तो कोई भी स्थान ऐसा नहीं हो सकता है, जहाँ वायु न हो। खुले स्थान की तरह बंद बक्से के अंदर भी वायु भरी हुई रहती है। निम्नलिखित साधारण प्रयोग से मालूम हो जाएगा कि देखने पर शून्य लगने पर भी सभी स्थानों में वायु भरी रहती है।

**प्रयोग**—एक खाली ग्लास लीजिए और उसे उलट कर पकड़िए। छ्याल रहे, ग्लास विल्कुल सीधा हो। अब एक बरतन में पानी भरकर उल्टाए हुए ग्लास को सीधा पानी में डुबाइए। देखिएगा कि ग्लास को पानी में डुबाने की काशिश करने में काफी ताकत लगानी पड़ रही है। साथ ही, यह भी दिखाई देगा कि पानी ग्लास में चढ़ नहीं रहा है और चढ़ता भी है तो बहुत गहराई तक डुबाने पर—कुछ ही दूर तक।

अब हमारे सामने प्रश्न यह उठता है कि ग्लास को पानी में जाने से कौन रोकता है और पानी ग्लास के अंदर क्यों नहीं जा पाता है? इन प्रश्नों का उत्तर यही है कि देखने से खाली मालूम पड़ने पर भी ग्लास के

अंदर वायु है और उसी के कारण ग्लास को पानी में डुबाने में कठिनाई हो रही है। साथ ही, ग्लास के अंदर के समस्त भाग में वायु भरी हुई है। अतः उसके अंदर पानी नहीं जा पाता है।

अब ग्लास को थोड़ा टेढ़ा कर दीजिए। देखिएगा कि उसमें से वायु बुलबुले के रूप में बाहर निकल रही है और ग्लास डूबता जा रहा है तथा उसमें पानी भी भरता जा रहा है।

इस प्रयोग से खाली स्थानों में वायु की उपस्थिति के अलावा यह भी प्रमाणित हो जाता है कि वायु दाब भी डालती है।

वायुमंडल पृथ्वी के चारों ओर लगभग २०० मील तक फैला हुआ है। हमें यह भी जान लेना चाहिए कि हम जैसे-जैसे ऊपर जाते हैं वैसे-वैसे वायु का घनत्व कम होता जाता है और नीचे जाने से अपेक्षाकृत अधिक होता जाता है। हिमाव करके देखा गया है कि कुल वायु का दसवाँ अंश पृथ्वी के ऊपर केवल तीन मील के घेरे में मौजूद है।

### वायु का वजन

वायु का वजन है—इस बात को सन् १६५४ ई० में जर्मन वैज्ञानिक ओटो वान गैरिक ने निम्नलिखित प्रयोग से दिखाया था।

उन्होंने स्टाप-कॉक लगा हुआ काँच का एक गोला लेकर उसे वायु निकालने वाले पंप द्वारा निर्वातित किया और उसका वजन लिया। फिर उन्होंने स्टाप कॉक को खोल दिया और वायु सी-सी शब्द करके अंदर घुस गई। गोले को फिर से वजन किया गया और देखा गया कि उसका वजन बढ़ गया है। अतः स्पष्ट है कि बड़ा हुआ वजन वायु का वजन है। एक लीटर आयतन की वायु का वजन एक ग्राम से थोड़ा अधिक (१.२१ ग्राम) है अर्थात् पानी का घनत्व वायु के घनत्व से लगभग आठ सौ गुना अधिक है।

निम्नलिखित प्रयोग से हम आयतन की तुलना में वायु के वजन को नाप सकते हैं।

प्रयोग—काँच का एक प्लास्क लीजिए। बीच में छिद्रयुक्त रबर का एक काग लेकर उसके मुँह पर कसेकर लगा दीजिए। काँच की एक छोटी-सी

नली के एक सिरे पर रबर की एक छोटी-सी पतली नली लगा दीजिए और उसमें एक क्लिप लगाइए। काँच की नली का दूसरा सिरा रबर के काग के छेद में डालिए। अब फ्लास्क में थोड़ा-सा पानी डाल दीजिए और रबर की नली से क्लिप खोल दीजिए तथा फ्लास्क को गरम करके पानी को खोलाइए। जब कुल पानी भाप होकर विकल जाय तो क्लिप लगाकर रबर की नली को बंद कर दीजिए। इस प्रकार फ्लास्क निर्वातित हो जाएगा। क्योंकि, पानी उबलकर, भाप बनकर, वायु को हटाकर फ्लास्क में भर गया है। फिर फ्लास्क को ठंडा होने के लिए आग पर से हटाकर रख दीजिए। फ्लास्क में भरी हुई भाप सघनित होकर दो-चार बूँद पानी बन जायगी और फ्लास्क लगभग संपूर्णतः रिक्त हो जायगा। ठंडा हो जाने के बाद सावधानी से फ्लास्क को भौतिक तुला पर वजन कीजिए और वजन को लिख लीजिए। अब रबर की नली से क्लिप को खोल दीजिए और फ्लास्क में हवा जाने दीजिए। फिर सावधानी से फ्लास्क को तौलिए और वजन को लिख लीजिए। देखिएगा कि अब फ्लास्क का वजन बढ़ गया है। फ्लास्क का बड़ा हुआ वजन उसके अंदर की वायु का वजन है। अब फ्लास्क में काग के नीचे तक पानी भर दीजिए और फिर उस पानी को नाप लीजिए। यह फ्लास्क में भरी हुई वायु के आयतन का समान होगा। वजन करते समय फ्लास्क में वायु का आयतन वही था। इस प्रकार हम वायु के वजन (या द्रव्यमान) को उसके आयतन से भाग देकर वायु का घनत्व प्राप्त कर सकते हैं। हिसाब करने से मालूम होगा कि एक क्यूबिक सेटीमीटर वायु का वजन ०.००१२९ ग्राम है। इस भार के कारण समुद्र-सतह पर वायु का दाव प्रति सेटीमीटर पर लगभग १०३३ ग्राम-भार होता है।

### वायु का दाव

आपको आश्चर्य होगा कि इतने अधिक दाव के अंदर रहते हुए भी हम इसका अनुभव क्यों नहीं करते हैं? कारण यह है कि वायु चारों ओर से दाव डालती है और इसीसे हम दाव का अनुभव नहीं करते हैं। अगर एक ओर से दाव हट जाए, तो हम पर अवश्य ही उसका प्रभाव पड़ेगा। साथ ही, जन्मकाल से इस दाव के अंदर रहने के कारण हम इससे अभ्यस्त हो गए हैं। हमारे शरीर की बनावट भी इस दाव में रहने लायक है। इसलिए



अगर किसी कारण से वायु का दाब घट जाए, तो हमारे लिए उसके अंदर जीवित रहना असंभव हो जायगा ।

वायु के आयतन तथा घनत्व के साथ उसके दाब का भी संबंध है । अगर छोटी-सी जगह में अधिक वायु दाब कर भर दी जाए तो उसका घनत्व बढ़ जाता है और साथ ही उसका दाब भी बढ़ जाता है । अगर थोड़ी-सी वायु को अधिक जगह फैलने दिया जाए, तो उसका घनत्व और साथ-ही-साथ दाब भी घट जाता है । इस प्रकार संपीड़ित वायु (compressed air) का घनत्व भी विरलित (rarefied) वायु से अधिक होता है ।

निम्नलिखित प्रयोगों से वायु का दाब का होना दिखाया जा सकता है :—

**प्रयोग (१)**—एक साधारण कीप लेकर उसके मुँह पर पतले रबर के एक टुकड़े को कसकर बाँध दीजिए । अब कीप की नली के नीचे मुँह लगाकर उसके अंदर की वायु को चूसना शुरू कीजिए । देखिएगा कि कीप के अंदर की वायु ज्यो-ज्यो चूसने से कम होती जाती है, त्यों-त्यों मुँह पर बाँधा हुआ रबर अंदर की ओर धँसता जाता है । इससे सिद्ध होता है कि जब तक कीप के अंदर और बाहर वायु का दाब समान था, तब तक रबर पर उसका कोई प्रभाव नहीं पड़ रहा था और ज्यो ही अंदर की वायु घट गई, त्यों ही ऊपर के अधिक दाब में रबर दबने लगा ।

**प्रयोग (२)**—काँच के एक लंबे ग्लास को ऊपर तक लबालब पानी से भरकर उसपर एक दपती का टुकड़ा रख दीजिए । यहाँ इस बात का ध्यान रखना है कि ग्लास में पानी की सतह और दपती के बीच वायु न रहने पाए । अब ग्लास को उलटकर पकड़ने पर पानी या दपती में से कोई भी नीचे नहीं गिरता है ।

दपती पर नीचे से वायु का, ऊपर की ओर दाब या उत्क्षेप (upthrust) ग्लास के अंदर के पानी के दाब का संतुलन कर दपती और पानी को गिरने नहीं देता है ।

**मैगडेबर्ग अर्द्धगोलक**

इसमें धातु-निर्मित दो ऐसे अर्द्धगोलक होते हैं, जिन्हें जोड़ देने पर एक खोखला गोलक बन जाता है । पकड़कर खींचने के लिए दोनों अर्द्धगोलकों में

छल्ले लगे होते हैं। एक अर्द्धगोलक में एक छोटा-सा छेद होता है और इसमें नली लगाकर वायु-निष्कासन-पंप द्वारा अंदर की सभी वायु खींच ली जा सकती है। अगर इस प्रकार से वायु निकालकर छेद को स्टॉप कॉक द्वारा बंद कर दिया जाए, तो दोनों अर्द्धगोलकों को अलग करने के लिए बहुत अधिक शक्ति की आवश्यकता होगी। अंदर से वायु का दाब न रहने के कारण बाहर से वायु का दाब अर्द्धगोलकों को चारों ओर से दबाकर उन्हें अलग होने से रोकता है। इस हालत में दोनों अर्द्धगोलकों को अलग करने के लिए बहुत अधिक बल लगता है। स्टॉप कॉक को खोलकर अंदर वायु भर देने के बाद आसानी से अर्द्धगोलकों को खींचकर अलग किया जा सकता है, क्योंकि अब अंदर की वायु का दाब बाहरी वायु के दाब को संतुलित करता है।

इस प्रयोग को सर्वप्रथम मैग्डेवर्ग नामक स्थान में ओटोवान गैरिक नामक जर्मन वैज्ञानिक ने किया था। उन्होंने अर्द्ध-गोलकों को अलग करने के लिए घोड़ों की सहायता ली थी। इसलिए इन अर्द्धगोलकों को मैग्डेवर्ग अर्द्ध-गोलक कहते हैं।

### वायु का दाब नापने वाला यंत्र

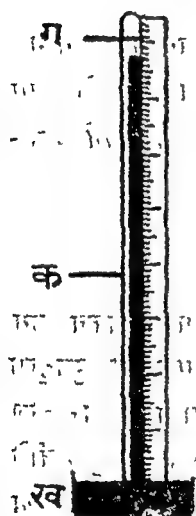
एक गैस-जार को पानी से लबालब भर कर उस पर ढक्कन इस प्रकार रखिए कि पानी और ढक्कन के बीच हवा का एक भी बुलबुला न रह जाय। ढक्कन को हाथ से दबाए रखकर जार को पानी से भरे हाँज में उलट दीजिए ताकि जार का मुँह हाँज के पानी की सतह के कुछ नीचे रहे। अब गैस-जार का ढक्कन हटा लीजिए। ऐसा करने पर भी जार का संपूर्ण पानी गिरकर हाँज में नहीं जाता है बल्कि जार के अंदर ही टंगा रह जाता है। पानी की सतह पर वायु का जो दाब पड़ता है, उसी दाब के कारण गैस-जार में पानी चढ़ा रहता है।

जार के बदले में काँच की एक लंबी और पतली नली ले लेने पर देखा जाएगा कि समुद्र-सतह पर वायुमंडल का दाब, साधारण अवस्था में, प्रायः ३४ फुट ऊँचा पानी के स्तंभ को खड़ा रख सकता है। इस प्रकार पानी के स्तंभ की ऊँचाई नाप कर वायु का दाब नापा जा सकता है।

लेकिन इतनी बड़ी नली को एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाने में तथा हमेशा प्रयोग के लिए व्यवहार करने में बड़ी कठिनाई होती है। इसलिए इस काम के लिए पानी के बदले पारा काम में लाया जाता है। साधारण अवस्था में समुद्र-सतह पर, वायु का दाब पारे के ७६० मिलीमीटर या ३० इंच स्तंभ को खड़ा रख सकता है। पारे के स्तंभ की सहायता से वायुमंडल का दाब नापने वाले यंत्र को बैरोमीटर या वायु-दाबमापी (barometer) कहते हैं।

### बैरोमीटर का निर्माण

एक मुँह बंद तथा दूसरा मुँह खुला, एक ३५ इंच लंबी, पतली काँच की नली लेकर उसे संपूर्ण रूप से पारे से भर दीजिए। नली को हिलाकर उसके अंदर की हवा के बुलबुलों को बाहर निकाल दीजिए, ताकि नली पूर्णतया वायुशून्य हो जाए।



नली के खुले हुए मुँह को अंगुली से बंद करके उसे पारे से भरे हुए एक दूसरे पात्र में उलट कर रखकर अंगुली हटा लीजिए। अब दिखाई पड़ेगा कि नली के अंदर का पारा लगभग ५ इंच नीचे उतर आया है और लगभग ३० इंच ऊँचा रह गया है। साथ ही, नली के ऊपर का ५ इंच अंश रिक्त हो गया है। नली के अंदर के इस वायुशून्य स्थान को, इस प्रयोग के आविष्कारक, टोरिसेली के नाम पर 'टोरिसेली का निर्वात' (Toricellian vacuum) कहा जाता है। अब

इस शून्य स्थान में कोई ऐसी वस्तु नहीं है जो पारे को ऊपर खींच सकती है या उसे नीचे की ओर दबा सकती है। इसमें हमें यह मालूम हो जाता है कि नली में पारे के स्तंभ का दाब पात्र के पारे की सतह पर, उस समय उस स्थान में, वायु के दाब के समान है अर्थात् अगर काँच की नली के छिद्र का अनुप्रस्थ परिच्छेद एक वर्ग से० मी० है तो प्रति वर्ग से० मी० के क्षेत्र पर वायु का दाब ७६ से० मी० ऊँचे और

[ चित्र ५१—साधारण बैरोमीटर. (क) पारा से भरी काँच की नली, (ख) पारा से भरा पात्र, (ग) टोरिसेली का निर्वात ]

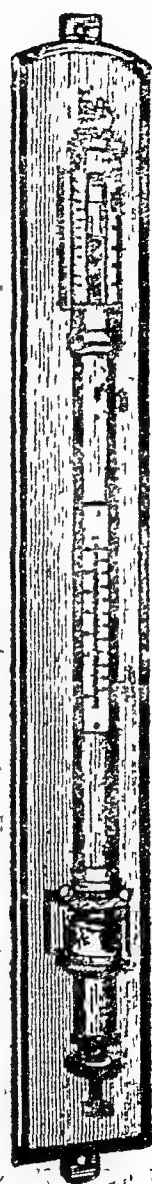
१ वर्ग से०मी० अनुप्रस्थ परिच्छेद वाले पारे के स्तंभ के वजन के समान है। अतः उस समय उस स्थान पर वायु का दाब प्रति वर्ग से०मी० १०३३ ग्राम भार है। इस प्रकार नली में पारे की ऊँचाई को नाप कर वायु के दाब का ज्ञान हो सकता है। वायु का दाब घटने या बढ़ने से नली में पारा का स्तंभ नीचा या ऊँचा हो जाता है; क्योंकि दाब घटने या बढ़ने से, उसी अनुपात में, पात्र के पारे की नली में, पारे के स्तंभ को खड़ा रखने की शक्ति भी घटेगी या बढ़ेगी और पारे का स्तंभ छोटा-बड़ा होगा। इसके साथ ही स्तंभ में पारे का वजन भी घटेगा या बढ़ेगा।

इस प्रकार से बने हुए बैरोमीटर को एक जगह से दूसरी जगह ले जाना आसान नहीं है। इसलिए इसे एक खोली में रखकर काठ के साथ जड़ दिया जाता है ताकि आसानी से एक जगह से दूसरी जगह ले जाया जा सके। फोर्टिन बैरोमीटर इसी प्रकार का एक बैरोमीटर है। फिर भी द्रव-पदार्थ से बना हुआ बैरोमीटर लेकर चलने-फिरने में कठिनाई होती है। इसलिए वायु का दाब नापने के लिए निर्द्रव (Aneroid) बैरोमीटर भी बनाये गए हैं।

**एनिरायड बैरोमीटर या निर्द्रव वायु-दाबमापी**

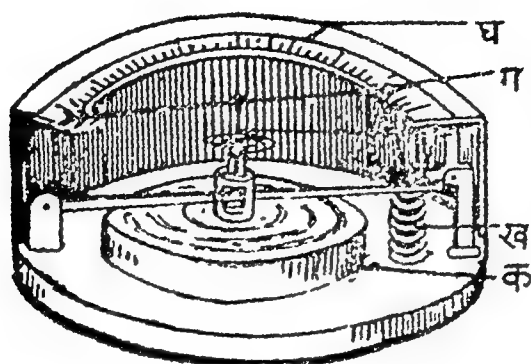
एनिरायड बैरोमीटर छोटा तथा हलका होता है। इसे एक जगह से दूसरी जगह ले जाने में आसानी होती है। इसपर हिलने-डुलने का कोई प्रभाव नहीं पड़ता। इसमें वायु का दाब दिखाने वाले स्केल के साथ-साथ ऊँचाई-सूचक स्केल भी लगा रहता है। आजकल हवाई जहाज आदि में इसी बैरोमीटर को काम में लाया जाता है।

धातु की बहुत पतली चादर से बने हुए बक्से को लेकर उसे अशत निर्वातित करके अच्छी तरह बंद कर दिया जाता है। अब वायु-दाब में प्रत्येक परिवर्तन बक्से के ढक्कन पर असर डालने लगता है। अगर वायु-दाब



[ चित्र - ५२—  
फोर्टिन का बैरो-  
मीटर ]

मे वृद्धि हुई तो ढक्कन नीचे की ओर दवेगा और दाब में कमी होने पर ऊपर चढ़ेगा। इसके साथ एक सूई इस प्रकार गे तगा दी जाती है कि वह



[ चित्र ५३—निर्वात बैरोमीटर • (क) वक्सा,  
(ख) स्प्रिंग, (ग) सूचक सूई, (घ) स्केल ]

ढक्कन की स्थिति में होनेवाले प्रत्येक परिवर्तन को यंत्र में लगे हुए स्केल पर प्रदर्शित कर सके। स्केल पर सूई द्वारा निर्देशित अंको को देखकर वायु का दाब तथा समुद्र-तल से उस स्थान की ऊँचाई का ज्ञान होता है।

### वायु-दाब और मौसम

वायु का दाब हमेशा एक-सा नहीं बना रहता। कई कारणों से इसमें परिवर्तन होता रहता है। जलवाष्प वायु से हलका होता है। इसलिए वायु में जलवाष्प जितना अधिक होगा, वायु उतनी ही अधिक हलकी होगी और उसका दाब उतना ही कम होगा। इसी कारण से वर्षा के दिनों में जब समुद्र से जलवाष्प से भरी मौसमी वायु आती है, तब वायु हलकी हो जाती है और उसका दाब घट जाता है। वायु का दाब घट जाने के साथ-साथ बैरोमीटर का पारा भी नीचे गिर जाता है। बैरोमीटर में पारे के अधिक नीचे आ जाने से यह मालूम हो जाता है कि वायु में जलवाष्प की मात्रा अधिक हो गई है और अब पानी बरसने में देर नहीं है।

सूरज की ऊष्मा से गरम हो जाने पर वायु फैल जाती है। फैली हुई वायु का घनत्व कम होने के कारण वायु का दाब कम हो जाता है और

बैरोमीटर का पारा नीचे उतर आता है। हलकी वायु ऊपर उठने लगती है और चारो ओर से ठडी हवा उस स्थान को भरने के लिए उस दिशा मे प्रवाहित होने लगती है। इस प्रकार किसी स्थान पर वायु का दाब जितना ही कम हो जाता है, वहाँ उतनी ही तेजी से ठडी हवा आने लगती है और आँधी-पानी, तूफान आदि आने की संभावना हो जाती है। गरमी के दिनो मे इसी कारण मे जोर की आँधी आती है। अतः एकाएक बैरोमीटर का पारा उतरना आँधी के आगमन का सूचक है।

वायु मे जलवाष्प कम रहने से वायु शुष्क कहलाती है। शुष्क वायु आर्द्र वायु से अधिक भारी होती है और इसलिए उसका दाब अधिक हो जाने से बैरोमीटर का भी पारा ऊपर चढ़ जाता है। शीतकाल मे बैरोमीटर का पारा ऊपर चढ़ा रहता है, क्योंकि उन दिनो वायु मे जलवाष्प कम रहता है।

इस प्रकार बैरोमीटर के पारे का उतार-चढ़ाव देखकर मौसम-विशेषज्ञ मौसम का हाल बता देते है।

### बैरोमीटर से ऊँचाई का ज्ञान

जैसे-जैसे पृथ्वी-तल से ऊपर जाया जाएगा, वैसे-वैसे वायु का घनत्व घटता जाएगा और साथ ही वायु का दाब भी घटता जाएगा। इस प्रकार पर्वत की ऊँची चोटियो पर वायु का घनत्व समुद्र-सतह पर वायु के घनत्व से कम और गहरी खान के अंदर अधिक होता है। इसलिए समुद्र-सतह से पर्वत की चोटी पर वायु का दाब कम और खान के अंदर अधिक होता है। बैरोमीटर को देखकर वायु के दाब की कमी-वैशी होने की जानकारी हो जाती है और उस स्थान की ऊँचाई या गहराई का पता आसानी से लग जाता है। लगभग ६०० फुट या लगभग २७५ मीटर की ऊँचाई पर पारा २५.४ से० मी० या एक इंच गिर जाता है।

### वायु के दाब का व्यावहारिक प्रयोग

वायु चारो ओर दाब डालती है, इस सिद्धांत के आधार पर तरह-तरह के पंप बनाए जाते है। रेलगाड़ी का निर्वात ब्रेक (vacuum brake),

साइफन (siphon), ड्रॉपर, स्व-पूरक (self filling) फाउण्टेनपेन आदि भी इसी सिद्धांत के आधार पर बनाये जाते हैं।

### पंप (Pump)

पंप मुख्यतः दो प्रकार के होते हैं : (१) पानी या अन्य द्रव पदार्थ खींचने या फेंकने वाले पंप और (२) वायु भरने या निकालने वाले पंप।

#### पिचकारी

पिचकारी एक बहुत साधारण पंप है। धातु या काँच-निर्मित एक खोखली नली, जिसका एक मुँह खुला तथा दूसरा बंद होता है, को लेकर उसके बंद मुँह पर एक छोटा-सा छेद कर दिया जाता है। एक छड़ के सिरे पर चमड़े या रबर की एक गोल चक्की लगा दी जाती है। चक्की का व्यास ठीक नली के व्यास के समान होता है। इसे पिस्टन (piston) कहा जाता है। पिचकारी के मुँह को द्रव में डालकर छड़ को बाहर की ओर खींचने से पिचकारी में आंशिक निर्वात की सृष्टि हो जाती है और द्रव पर वायु के दाब से द्रव ऊपर चढ़ जाता है तथा पिचकारी को भर देता है। फिर छड़ को दबाकर उसे बाहर फेंका जाता है।

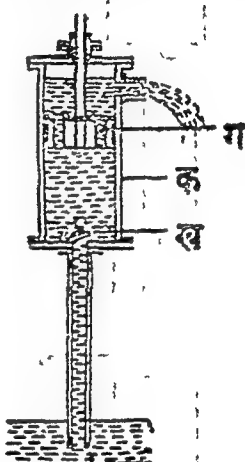
#### डाक्टर सीरींज

डाक्टर सूई देने के लिए जिस सीरींज (syringe) का प्रयोग करते हैं वह भी एक प्रकार की पिचकारी है। इसमें काँच की नली के अंदर छड़ और पिस्टन के बजाए एक काँच की मोटी छड़ लगा दी जाती है, जिसका व्यास नली के व्यास के समान होता है। इस छड़ को बाहर की ओर खींचने से नली में निर्वात की सृष्टि होती है और द्रव (दवा) उसमें चढ़ जाती है। सीरींज के मुँह पर एक खोखली पतली सूई लगा दी जाती है और उसको शरीर में गड़ाकर छड़ को नली के भीतर दबाकर शरीर के अंदर दवा प्रवेश कराई जाती है।

स्वपूरक फाउण्टेनपेन भी इसी सिद्धांत पर बनता है। अंदर लगी हुई रबर की नली पर दबाव डालकर उसे निर्वातित कर दिया जाता है। स्याही के अंदर डालकर दबाव हटा लेने से रिक्त स्थान में स्याही चढ़ जाती है। ड्रॉपर भी इसी तरह काम करता है।

## पानी का साधारण पंप

पानी की सतह पर वायुमंडल का दाव पड़ने के कारण पानी ३२ से ४० फीट तक ऊपर चढ़ जाता है। इस नियम के आधार पर साधारण पानी का पंप बनाया जाता है। पिचकारी और इसकी बनावट में कोई विशेष अंतर नहीं है। केवल इसका पिस्टन कुछ भिन्न प्रकार का होता है। इसमें एक कपाट (valve) लगा रहता है, जिससे से होकर पानी ऊपर तो जा सकता है, पर नीचे की ओर नहीं। वेलन या वैरल के नीचे लगे हुए एक पतले नल को जमीन में गाड़ कर पानी तक पहुँचा दिया जाता है। कुएँ में भी इस प्रकार का पंप बैठाया जाता है। हथे को दवाने से पिस्टन ऊपर उठ जाता है और उसके नीचे वैरल में आशिक निर्वात की सृष्टि हो जाती है। इस प्रकार वेलन के अंदर वायु का दाव घट जाने के कारण बाहरी वायु के दाव से पानी नल के अंदर चढ़ जाता है तथा एक ओर खुलने वाले कपाट में से होकर वेलन (वैरल) में भर जाता है। फिर हथे को ऊपर उठाकर पिस्टन को नीचे दबाया जाता है। दाव [ चित्र ५४—साधारण



लगते ही वेलन के नीचे लगा हुआ कपाट बंद होकर उसके अंदर भरे हुए पानी को नीचे जाने से रोक देता है और पिस्टन में लगे हुए एक ओर खुलने वाले कपाटों से होकर पानी बाहर निकल आता है। इस प्रकार हथे को चलाते रहने से लगातार पानी निकलता रहता है।

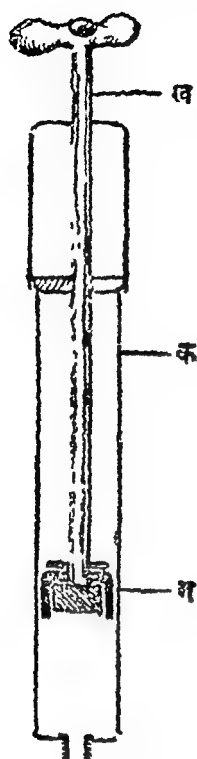
## वायु-पंप

(१) वायु-पंप दो तरह के होते हैं :—

- (१) किसी पात्र में हवा भरने के लिए पंप—जैसे फुटबॉल पंप, साइकिल पंप आदि। इसे कंप्रेशन पंप (compression pump) कहते हैं।
- (२) किसी पात्र से हवा निकालने के लिए पंप। इसे रेचक या निर्वातक पंप (exhaust pump) कहा जाता है।



दोनों पंप एक ही सिद्धांत पर काम करते हैं। लेकिन दोनों के पिस्टन में तथा अंदर लगे हुए कपाटों (valve) के खुलने की दिशा में भिन्नता होती है।



फुटबॉल पंप

एक धातु-निर्मित नली का एक छोर खुला रहता है तथा दूसरे छोर पर एक पतली छोटी टोंटी लगी हुई होती है। पिचकारी जैसी इसमें भी एक छड़ लगी रहती है। उसके एक छोर पर काठ का हत्था लगा रहता है और दूसरे छोर पर चमड़े का कटोरीनुमा एक वाशर। वाशर का किनारा नीचे की ओर मुड़ा हुआ रहता है और वह पिस्टन तथा कपाट—दोनों का काम करता है। टोंटी के अंदर एक लोहे की गोली होती है, जो वहाँ पर कपाट जैसा काम करती है और हवा को ऊपर से नीचे फुटबॉल में जाने तो देती है, पर नीचे से ऊपर आने से रोकती है।

[ चित्र ५५—

संपीडन पंप

(क) नली,

(ख) छड़,

(ग) वाशर ]

छड़ को ऊपर खींचते समय वायु, वाशर के किनारों पर, ऊपर से दाव डालकर, उसे भीतर की ओर मोड़ कर, सरलता से नीचे चली जाती है। किंतु छड़ को दबाने पर वाशर का किनारा, नीचे की वायु का दाव पाकर, फैल जाता है और नली की दीवारों से सटकर वायु को ऊपर नहीं जाने देता है। इस प्रकार दाव पाकर वायु फुटबॉल के अंदर चली जाती है। फिर छड़ को ऊपर उठाने पर



[ चित्र ५६—

फुटबॉल पंप :

(क) नली, (ख)

टोंटी, (ग) वाशर,

(घ) कपाट का

काम करने वाली

गोली ]

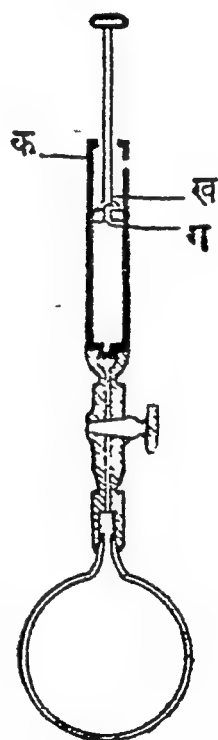
ऊपर से वायु आकर नली में भर जाती है। पर, टोटी में लगी हुई गोली रास्ता रोककर फुटबॉल के अंदर की वायु को बाहर नहीं निकलने देती है।

### साइकिल-पंप

साइकिल-पंप भी ठीक इसी प्रकार से बनता है। किंतु इसके दो हिस्से होते हैं। ऊपर की नली, छड़ और वाशर ठीक फुटबॉल-पंप जैसे होते हैं। टोटी की जगह पर एक रबर की नली से पंप को साइकिल-ट्यूब में लगे हुए वाल्व (valve) से जोड़ दिया जाता है। यह वाल्व साइकिल-पंप का दूसरा हिस्सा है।

### साइकिल-वाल्व

यह धातु-निर्मित पतली-सी छोटी नली से बनता है। नली के ऊपर का आधा हिस्सा कुछ मोटा होता है। नली के ऊपर का मुँह खुला हुआ रहता है तथा नीचे का बंद। बंद मुँह के थोड़ा-सा ऊपर नली की दीवार में एक वारीक छेद रहता है। इस नली के निचले भाग में एक पतली रबर की नली मजबूती से लगा दी जाती है। रबर की यह नली वारीक छेद को ढँककर पूरे निचले अंश पर फैली रहती है। रबर की इस नली को वाल्व-ट्यूब (valve tube) कहते हैं। वाल्व-ट्यूब लगे हुए वाल्व को साइकिल-ट्यूब के साथ निश्चित स्थान पर लगाकर कस दिया जाता है। अब पंप की सहायता से वाल्व के खुले हुए मुँह से हवा भरी जाती है। ऊपर से दाब पाकर हवा वाल्व की दीवार के वारीक छेद में से वाल्व-ट्यूब पर दाब डालती है। इससे रबर फैल जाता है और हवा साइकिल-ट्यूब में भर जाती है। पंप की छड़ को ऊपर खींचते समय यह



[ चित्र ५७—साइकिल पंप : (क) नली, (ख) छड़, (ग) वाशर ]

दाब कम हो जाता है और साइकिल-ट्यूब के अंदर की हवा वाल्व-ट्यूब पर अधिक दाब डालने लगती है। इससे वाल्व-ट्यूब वाल्व से सट जाती है और छेद को बंद कर अंदर की हवा को बाहर नहीं जाने देती।



इस प्रकार साइकिल में हवा भरते समय पंप और वाल्व, दोनों बारी-बारी से काम करते रहते हैं।

**रेचक (या निर्वातक) पंप**

[ चित्र ५८—  
साइकिल-वाल्व ]

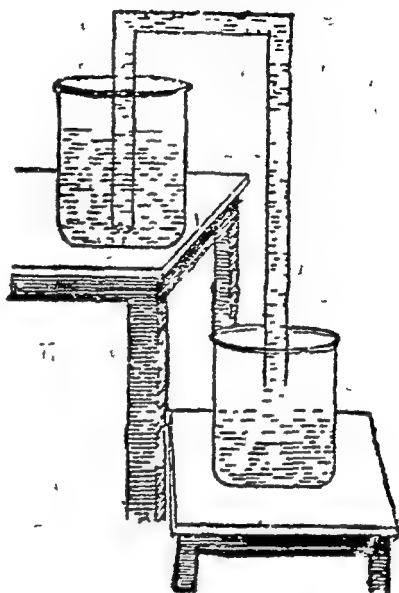
वायु निकालने वाला साधारण रेचक पंप भी लगभग साइकिल या फुटबॉल-पंप जैसा होता है। अंतर केवल यह है कि इसके कटोरीनुमा वाशर का किनारा ऊपर की ओर अर्थात् नली के खुले हुए मुँह की ओर मुड़ा हुआ होता है तथा नली के नीचे के छेद पर अंदर की ओर खुलने वाला कपाट लगा हुआ होता है, जो नीचे से दाब मिलने पर खुल जाता है और ऊपर की दाब से बंद हो जाता है।

जिस पात्र से हवा निकालनी होती है उसको एक नली द्वारा पंप से जोड़ दिया जाता है। अब छड़ को ऊपर खींचने पर ऊपर की वायु के दाब से वाशर का किनारा फूल कर नली में सट जाता है और वायु को नीचे नहीं जाने देता। इस प्रकार नली में निर्वात की सृष्टि हो जाती है। इस निर्वात को भरने के लिए नली से जुड़े हुए पात्र से हवा नीचे वाले छेद के कपाट पर दाब डालती है और उसे खोलकर अंदर आ जाती है। फिर छड़ को नीचे दवाने पर ऊपर के दाब से छेद के ऊपर का कपाट बंद हो जाता है और नली के अंदर की वायु को उस रास्ते से पात्र में वापस जाने से रोक देता है। ऐसी हालत में नली के अंदर की हवा वाशर पर दाब डालकर, उसके ऊपर की ओर मुड़े हुए किनारे को भीतर की ओर दबाकर, बाहर निकल जाती है। इस प्रक्रिया को दोहरा कर पात्र को धीरे-धीरे निर्वातित कर दिया जाता है।

**साइफन (Siphon)**

पंप की सहायता के बिना एक स्थान से दूसरे स्थान में पानी या अन्य द्रव पदार्थ को ले जाने के लिए साइफन काम में लाया जाता है। काँच या घातु-निर्मित नली को इस प्रकार मोड़ी जाती है कि उसकी एक भुजा दूसरी

भुजा से वड़ी रहे। नली की वड़ी भुजा को जिस वरतन या जगह पर द्रव को ले जाना है वहाँ और छोटी भुजा को द्रवपूर्ण पात्र में इस प्रकार डाल दिया जाता है कि वह द्रव में डूबी रहे। व्यवहार में लाने के पहले नली को उस द्रव से संपूर्ण रूप से भर देना चाहिए ताकि उसमें वायु न रहे इस प्रकार रख देने पर वड़ी भुजा में से होकर द्रव नीचे गिरने लगेगा। यह काम तब तक चलता रहेगा जब तक पहला वरतन खाली न हो जाए या नली की छोटी भुजा का मुँह द्रव से बाहर न निकल आए या दोनों वरतनों में द्रव की सतह समान न हो जाए।



[ चित्र ५९—साइफन ]

यह क्रिया इसलिए होती है कि नली की बड़ी भुजा में भरा हुआ पानी या अन्य द्रव अपने भार के कारण नीचे गिरने लगता है और नली में निर्वात की सृष्टि होने लगती है, साथ ही छोटी भुजा के अंदर के द्रव पर पड़ने वाला वायु का दाव द्रव को वड़ी भुजा के रिक्त स्थान में ठेल देता है और द्रव लगातार छोटी नली से होकर वड़ी नली और वहाँ से बाहर निकलने लगता है।

साइफन की क्रिया में सफलता के लिए निम्नलिखित बातों पर ध्यान रखना होगा ;—

(क) जहाँ से द्रव निकालना होगा वहाँ द्रव की सतह, जहाँ ले जाना होगा, वहाँ की सतह से ऊँची हो। नहीं तो दोनों सतहों में अंतर नहीं रहने के कारण द्रव प्रवाहित नहीं हो सकेगा।

(ख) साइफन की भुजाएँ छोटी-बड़ी होनी चाहिए।

(ग) स्थान वायुशून्य न हो।

- (घ) छोटी भुजा का सर्वोच्च भाग ३४ फुट से अधिक ऊँचाई पर न हो।  
 (ङ) छोटी भुजा का सिरा द्रव के नीचे डूबा हो।

वर्षा-काल में छत पर पानी जम जाने से, साइफन की सहायता से, छत के चारों ओर के ऊँचे घेरे के ऊपर से पानी को बाहर निकाला जा सकता है। सार्वजनिक स्थानों में, पाखाने आदि के स्वचालित प्रक्षालकों (automatic flush system) में, साइफन काम में लाया जाता है। प्रक्षालकों में एक निश्चित परिमाण में पानी भर जाने के बाद यह पानी साइफन की सहायता से वेग से निकल जाता है और पाखाने को धोकर साफ कर देता है।

वासुदेव प्याला, पनचोर प्याला, टेंटेलस प्याला आदि खिलीने साइफन के सिद्धांत के आधार पर ही बनते हैं। प्याले काँच या किसी धातु के बने हुए होते हैं। वासुदेव प्याले में वासुदेवजी की मूर्ति और टेंटेलस प्याले में राजा टेंटेलस की मूर्ति रहती है। मूर्ति के अंदर एक साइफन छिपा हुआ रहता है, जिसका मुड़ा हुआ भाग मूर्ति के मुँह के साथ एक ही तल पर होता है। प्याले की तली में एक छेद होता है। साइफन की छोटी भुजा का मुँह मूर्ति के अंदर रहता है और बड़ी भुजा छेद से बाहर निकाल दी जाती है। प्याले में पानी डालने पर पहले तो वह भरने लगता है, लेकिन जैसे ही पानी मूर्ति के मुँह तक यानी साइफन की भुजाओं के मोड़ तक पहुँचता है वैसे ही साइफन की सहायता से पानी बाहर निकलने लगता है। इस प्रकार उसमें कितना ही पानी क्यों न डाला जाए, पानी से प्याला न कभी भर ही सकता है और न मूर्ति डूब ही सकती है।

## ऊष्मा (Heat)

अगर हम आग के पास खड़े हो जाएँ तो हमें गरमी-मालूम होगी और अगर हम वरफ छू ले तो ठंडक। हम अनुभव करके या छू करके मालूम कर सकते हैं कि कोई वस्तु गरम है या ठंडी। ऊर्जा के उस रूप को, जिसके कारण हमें गरमी या ठंडक मालूम होती है, ऊष्मा कहते हैं। चाहे कोई चीज गरम हो या ठंडी, सभी में कम-बेशी परिमाण में ऊष्मा विद्यमान रहती है। हमारे शरीर के तापमान से जिस वस्तु का तापमान अधिक है, वह हमें गरम और जिसका कम है, वह ठंडी लगती है।

### ऊष्मा उत्पादक

साधारणतः आग जलाकर हम ऊष्मा उत्पन्न करते हैं। आदि काल से सूखी लकड़ी ऊष्मा उत्पन्न करने का प्रधान साधन रही है। बाद में चलकर मनुष्य ने कोयला, मिट्टी के तेल, गैस, बिजली आदि से भी ऊष्मा उत्पन्न करना आरंभ किया। प्राकृतिक, यांत्रिक, रासायनिक तथा वैद्युतिक साधनों के अलावा अब मनुष्य के पास ऊष्मा उत्पन्न करने वाला परमाणवीय साधन भी मौजूद है। लेकिन, इन सबके होते हुए भी दुनिया में ऊष्मा का सर्वप्रमुख तथा मुख्य स्रोत सूर्य ही है।

### सूर्य

दुनिया में ऊष्मा और साथ-साथ प्रकाश का सर्वप्रधान तथा मूल स्रोत सूर्य है। उचित मात्रा में सूर्य की ऊष्मा तथा प्रकाश न मिलने से पृथ्वी पर जीवन का होना ही संभव नहीं होता। वास्तव में सूर्य जलती हुई गैसों का एक विशाल गोला है। इसकी ऊष्मा विकीर्ण होकर पृथ्वी पर संचारित होती है। इसी की ऊष्मा तथा प्रकाश से पृथ्वी पर के पेड़-पौधे पुष्ट होते हैं और उससे लकड़ी या लकड़ी से कोयला बनकर फिर ऊष्मा-उत्पादन के साधन बन जाते हैं। जीव-जंतु सूर्य की ऊष्मा और प्रकाश में पलते हैं और फिर कालांतर तक मिट्टी के नीचे दबे रहने के बाद मिट्टी का तेल बनकर ऊष्मा और

प्रकाश उत्पादन के साधन बन जाते हैं। सही माने में पृथ्वी पर जो भी ऊर्जा ऊष्मा उत्पन्न करने के लिए मिलती है, सत्रका मूल स्रोत सूर्य ही है। क्योंकि सभीमें सूर्य की ऊष्मा संचित रहती है, जिसे विभिन्न उपायों से मुक्त करके हम ऊष्मा उत्पन्न करते हैं।

विद्युत् की ऊर्जा से ऊष्मा तथा प्रकाश उत्पन्न किए जाते हैं। लेकिन विद्युत्-उत्पादन या तो तेल, कोयला आदि जलाकर या जल की धारा की शक्ति से यंत्रों को चलाकर, किया जाता है। हम देखते हैं कि तेल तथा कोयले में सूर्य की ऊर्जा संचित रहती है। उसी प्रकार पानी की धारा में जो गतिज ऊर्जा है, वह भी परोक्ष रूप में सूर्य से ही मिलती है। सूर्य की ऊष्मा से पानी वाष्प बनकर ऊपर उठ जाता है और सूर्य की ही ऊष्मा के कारण उत्पन्न मौसमी पवन के साथ चलकर पहाड़ों में टकराकर वर्षा के रूप में धरती पर आ गिरता है। इस प्रक्रिया में सूर्य की ऊर्जा जल-कणों में संचित हो जाती है और ऊपर से नीचे प्रवाहित होते समय वह ऊर्जा गतिज ऊर्जा का रूप ले लेती है। इस प्रकार इस गतिज ऊर्जा से उत्पन्न जल-विद्युत् का भी स्रोत सूर्य ही है।

### आग-ईंधन

सूर्य की ऊष्मा को हम अपनी इच्छा के अनुसार नियंत्रित नहीं कर सकते हैं। इसलिए आवश्यकतानुसार, उचित स्थान में, उचित मात्रा में ऊष्मा पाने के लिए हम मुख्यतः आग जलाकर ऊष्मा उत्पन्न करते हैं। यह ऊष्मा प्राप्त करने का सबसे आदिम उपाय है। आग जलाने के लिए हमें कुछ-न-कुछ साधनों की आवश्यकता होती है। आग जलाने के इन साधनों को ईंधन (fuel) कहते हैं। सही माने में इन्हीं ईंधनों में ऊष्मा उत्पन्न करनेवाली ऊर्जा मौजूद रहती है। आग जलने की क्रिया द्वारा उस ऊर्जा को मुक्त कर दिया जाता है। जलते समय ऑक्सीजन से द्रव्य का संयोग होता है। यह एक रासायनिक क्रिया है और इससे ऊष्मा निकलती है। लकड़ी, कोयला, मिट्टी का तेल, पेट्रोल, कोलगैस आदि ईंधन के रूप में व्यवहृत किए जाते हैं। ईंधनों से ऊष्मा उत्पन्न करके हम रेलगाड़ी, जहाज, हवाई जहाज, कल-कारखाने आदि चलाते हैं, भट्टियों में धातु गलाते हैं, खाना पकाते हैं तथा और कितने ही कामों को रोज करते हैं। सभी ईंधनों की रासायनिक

बनावट लगभग एक-सी होती है। सभी में हाइड्रोजन तथा कार्बन के यौगिक होते हैं। अच्छे ईंधन की बनावट में अधिक परिमाण में दहनशील पदार्थ होते हैं।

### दियासलाई

आग तथा ऊष्मा उत्पन्न करने के लिए जिन वस्तुओं का व्यवहार किया जाता है, उनमें दियासलाई का स्थान सर्वप्रधान है। यह सही है कि दियासलाई ईंधन नहीं है, और इसके द्वारा दूसरी वस्तुओं में आग लगाने के सिवा अन्य कोई काम नहीं लिया जा सकता है। फिर भी दियासलाई हमारे लिए एक प्रधान नित्य प्रयोजनीय वस्तु है।

आदिम काल में पत्थर से पत्थर ठोककर आग जलाई जाती थी। फिर एक विशेष प्रकार के पत्थर पर लोहे का टुकड़ा रगड़कर आग जलाने का व्यापार प्रारंभ हुआ। बाद में दियासलाई का आविष्कार हुआ और कई परिवर्तनों के बाद उसका वर्तमान रूप हमारे सामने आया।

आजकल की दियासलाई की सीकों के एक सिरे पर जो मसाला लगा रहता है, वह पोटैशियम क्लोरेट (potassium chlorate) तथा एंटीमनी सल्फाइड (antimony sulphide) मिलाकर बनाया जाता है। बक्सों की बगल में लाल फॉस्फोरस (red Phosphorus), काँच की बुकनी तथा गोंद मिलाकर लेप कर दिया जाता है। इस लेप पर सीक में लगा हुआ मसाला रगड़ने से आग जल उठती है।

### लकड़ी

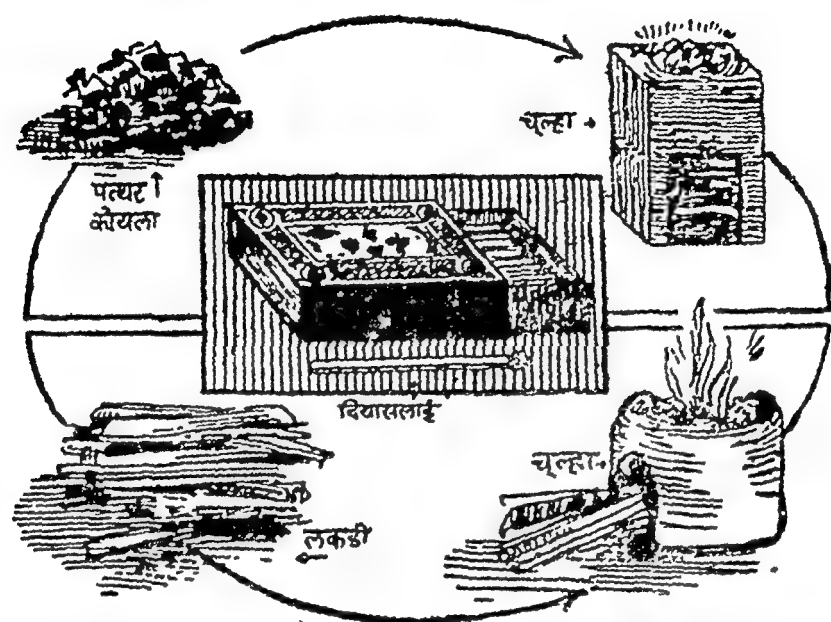
ईंधन में लकड़ी सबसे पुरानी है। आज भी ऊष्मा उत्पन्न करने के साधनों में लकड़ी का एक प्रमुख स्थान है। खाना पकाने के लिए लकड़ी का व्यवहार बहुत बड़े पैमाने पर होता है। इस समय भी कहीं-कहीं लकड़ी जलाकर रेल का इंजन चलाया जाता है।

### कोयला

वर्तमान युग में ऊष्मा-उत्पादक ईंधन के रूप में कोयले का स्थान सर्वप्रथम है। खाना पकाना, जाड़े में कमरे को गरम रखना आदि साधारण काम से लेकर बड़े-बड़े कल-कारखाने, रेल, जहाज आदि चलाने के लिए आवश्यक



ऊष्मा कोयले को जलाकर ही उत्पन्न की जाती है। किसी भी देश का उद्योग कोयले के उत्पादन पर बहुत हद तक निर्भर करता है।



[ चित्र ६०—ईंधन ]

कोयला खानों से निकाला जाता है। वास्तव में कोयला लकड़ी से ही बनता है। लकड़ी लाखों साल तक मिट्टी के नीचे दबी हुई रहकर कोयला बन जाती है।

**मिट्टी का तेल, पेट्रोल आदि**

जमीन के नीचे नल बँठाकर और उसकी सहायता से पंप करके पेट्रोलियम निकाला जाता है। इसे परिष्कृत करके मिट्टी का तेल, पेट्रोल, डीजल तेल आदि बनाए जाते हैं। ये सब भी ऊष्मा उत्पन्न करने के प्रमुख साधन हैं। पेट्रोल से मोटरगाड़ी, हवाई जहाज आदि चलते हैं। डीजल तेल से भारी-भारी ट्रक, बसें, मशीनें, रेलें तथा जहाज आदि चलाए जाते हैं।

**कोल गैस**

कोयले से कोल गैस बनाया जाता है। इससे ऊष्मा उत्पन्न करके खाना आदि पकाया जा सकता है। इस ईंधन को नल की सहायता से एक जगह से दूसरी जगह ले जाया जाता है।

ईंधनो को जलाने के अतिरिक्त और कई विधियों से ऊष्मा उत्पन्न की जा सकती है। एक द्रव्य के साथ दूसरा द्रव्य रगड़ने पर ऊष्मा उत्पन्न होती है। विद्युत् ऊर्जा से भी ऊष्मा उत्पन्न की जाती है। कुछ ऐसे द्रव्य हैं जिन्हें मिला देने से ऊष्मा उत्पन्न होती है।

### विद्युत्

विद्युत्-ऊर्जा ऊष्मा-उत्पादन का एक मुख्य साधन है। धीरे-धीरे विद्युत् ऊर्जा ऊष्मा-उत्पादन का सर्वप्रधान साधन बनती जा रही है। किसी सुचालक के अंदर विद्युत्-धारा प्रवाहित होने से ऊष्मा उत्पन्न होती है।

विद्युत् की सहायता से घरों में इस्तेमाल होनेवाली इस्तिरी, चूल्हों, बत्तियों यहाँ तक कि सिगरेट, बीड़ी आदि जलानेवाले लाइटों आदि से लेकर कारखानों में धातु गलानेवाली विद्युत्-भट्टियों आदि में, ऊष्मा उत्पन्न की जाती है।

### परमाणुओं के विखंडन से ऊष्मा-उत्पादन

वर्तमान काल में विज्ञान का सबसे बड़ा आविष्कार परमाणुओं के विखंडन से ऊर्जा उत्पन्न करना है। परमाण्वीय ऊर्जा से जो ऊष्मा उत्पन्न की जा सकती है, उससे अधिक ऊष्मा उत्पन्न करने का और कोई साधन मनुष्य के पास नहीं है। वैज्ञानिकों ने आविष्कार किया है कि सूर्य की ऊष्मा भी उसके अंदर परमाणु-विस्फोटों से उत्पन्न होती है। एक ग्राम परमाणु के विखंडन से जितनी ऊष्मा उत्पन्न की जा सकती है, उतनी ही ऊष्मा उत्पन्न करने के लिए विद्युत् की करोड़ों इकाई की आवश्यकता होती है।

पहले-पहल परमाण्वीय ऊर्जा का प्रयोग ध्वंस के लिए किया गया था। जापान के हिरोशिमा तथा नागाशाकी नगरों पर गत विश्वयुद्ध के समय परमाणु बम गिराया गया था और उससे लाखों व्यक्ति मौत के शिकार हो गए थे।

खुशी की बात है कि इस ऊर्जा को अब ध्वंसात्मक काम में न लगाकर मानव की सेवा के लिए लगाया जा रहा है। वैज्ञानिकों के नित्य नये आविष्कार इस ऊर्जा को मानव की अधिकाधिक सेवा में लाने में सफल हो रहे हैं। अब परमाण्वीय ऊर्जा से विद्युत् का उत्पादन हो रहा है तथा उससे जहाज आदि चलाये जा रहे हैं।

### घरेलू काम के लिए ईंधन का चुनाव

घर में ईंधन उतनी ही आवश्यक चीज है जितनी खाने-पीने की चीजें। घरों में मुख्यतः खाना पकाने, पानी, दूध आदि गरम करने, किसी चीज को जलाने तथा जाड़े के दिनों में कमरे को गरम करने और आग तापने आदि कामों के लिए ईंधन की आवश्यकता होती है।

आजकल शहरों तथा बहुत-से ग्रामीण क्षेत्रों में भी कई प्रकार के ईंधन मिलते हैं। इसलिए घरेलू काम के लिए ईंधन को चुनते समय हमें कुछ बातों को ध्यान में रखना चाहिए। ऐसे तो जहाँ पर चुनने के लिए एकाधिक ईंधन मिलते ही नहीं हैं, वहाँ चुनने का सवाल ही नहीं उठता। लेकिन जहाँ मिलते हैं, वहाँ अवश्य ही चुनने की कोशिश करनी चाहिए।

ईंधन को चुनते समय सबसे पहले उसकी कीमत पर ध्यान देना चाहिए। साथ ही उसकी ऊष्मा-उत्पादन-क्षमता तथा उपयुक्तता का भी खयाल रखना चाहिए।

विभिन्न प्रकार के ईंधनों की ऊष्मा-उत्पादन क्षमता-एक नहीं होती। समान परिमाण में लकड़ी से कोयला लगभग दो गुना और किरासन तेल लगभग तीन गुना अधिक ऊष्मा उत्पन्न कर सकता है (लकड़ी .५०० बी० टी० यू० प्रति पौंड, कोयला १४,००० बी० टी० यू० प्रति पौंड और किरासन तेल २०,००० बी० टी० यू० प्रति पौंड)।

साथ ही विभिन्न प्रकार के ईंधनों को इस्तेमाल करने में विभिन्न मात्रा में श्रम की भी आवश्यकता होती है और सफाई की समस्या भी विभिन्न परिमाणों में उठती है। लकड़ी तथा कोयले के चूल्हे सुलगाने में किरासन तेल के या गैस के चूल्हे जलाने की अपेक्षा काफी अधिक मेहनत करनी पड़ती है। साथ ही, लकड़ी या कोयले का इस्तेमाल करने पर वरतन तथा कमरे की सफाई में भी काफी मेहनत और समय लगाना पड़ता है।

लकड़ी तथा कोयले के चूल्हे से काफी परिमाण में ऊष्मा चारों ओर फैलकर नष्ट होती है। किरासन तेल तथा गैस के चूल्हे की ऊष्मा काफी हद तक थोड़े से स्थान में सीमित रहती है और इसलिए कम बरबाद होती है। साथ ही, इन चूल्हों को चाहे ज़ब्र जलाया तथा बुझाया जा सकता है, जो लकड़ी या कोयले के चूल्हों के साथ संभव नहीं है।

इसलिए ईंधन के ऊपर खर्च का हिसाब करते समय केवल उसकी कीमत का ही हिसाब नहीं देखना चाहिए। कीमत में सस्ता होने पर भी असल में वह महंगा पड़ सकता है। घर के लिए ईंधन को चुनते समय ऊपर की सभी बातों का खयाल रखना चाहिए।

ऊष्मा-उत्पादक के खयाल से विजली सबसे अच्छी होती है। इसके चूल्हे को जलाने के लिए न तो किसी प्रकार के ईंधन की आवश्यकता पड़ती है और न आग की ही जरूरत पड़ती है। साथ ही, इसमें सफाई का सवाल भी लगभग नहीं के बराबर होता है। विजली से ऊष्मा उत्पन्न करने के संबंध में हम आगे चलकर विस्तार से अध्ययन करेंगे।

### गोबर गैस

ग्रामीण क्षेत्र में ईंधन तथा ऊष्मा-उत्पादक के रूप में गोबर गैस का व्यवहार अत्यधिक लाभदायक हो सकता है। इससे लगभग बिना खर्च जलाने के लिए ईंधन मिल जाता है और साथ ही इससे बत्ती भी जलाई जा सकती है। गोबर गैस बना लेने के बाद भी गोबर न केवल खाद के लिए उपयोगी रह जाता है, बल्कि अधिक उपयोगी बन जाता है। इससे गोइंठा के रूप में जलकर यह अत्यावश्यक खाद बरबाद नहीं होती है।

गोबर गैस संयंत्र (Plant) बहुत आसानी से स्थापित किया जा सकता है तथा इसमें अधिक खर्च भी नहीं होता है।

## तापमान तथा तापमापी यंत्र (Temperature and Thermometer)

ऊष्मा ऊर्जा का एक रूप है। इसके अवशोषण से वस्तु उत्तप्त होती है और इसके उत्सर्जन से वस्तु ठंडी होती है।

बरफ ठंडी होती है तथा भाप गरम। इसका अर्थ यह है कि बरफ से भाप अधिक उत्तप्त है। किसी वस्तु के उत्ताप को उसका तापमान (temperature) कहा जाता है। एक ग्लास गरम पानी का तापमान, एक ग्लास ठंडे पानी के तापमान से अधिक होता है। दोनों ग्लासों के पानी को मिला दिया जाय तो गरम पानी का तापमान घटेगा और ठंडे पानी का तापमान बढ़ेगा और अंत में मिले हुए पानी का तापमान एक हो जाएगा। दो वस्तुओं का तापमान तभी समान समझा जाता है, जब दोनों को मिला देने से किसी का तापमान न घटता है और न बढ़ता है।

तापमान से ऊष्मा का परिमाण (quantity of heat) पूर्णतया भिन्न है। दो वस्तुओं में विभिन्न परिमाण में ऊष्मा रहने पर भी उनका तापमान समान हो सकता है। एक बड़े तथा एक छोटे लोहे के गोले में ऊष्मा के परिमाण समान होने पर भी छोटे गोले का तापमान बड़े गोले के तापमान से अधिक होगा। उसी प्रकार लोहे के लहलहाते हुए कण का तापमान दस किलो के लोहे के गोले से (जो कमरे के तापमान पर है) बहुत ही अधिक है। यद्यपि उस लहलहाते हुए कण में ऊष्मा का परिमाण दस किलो के गोले की ऊष्मा के परिमाण की तुलना में तुच्छ होगा।

तापमान वस्तु की तापीय अवस्था बतलाता है और ऊष्मा के परिमाण द्वारा उसमें कुल ऊष्मा का बोध होता है। ऊष्मा का परिमाण वस्तु की प्रकृति, उसके द्रव्यमान तथा तापमान पर निर्भर करता है।

एक वस्तु से दूसरी वस्तु में ऊष्मा का प्रवाह, उनमें ऊष्मा के परिमाणों पर निर्भर नहीं करता है। जैसे ऊपर के उदाहरण में लहलहाते हुए कण का स्पर्श

दस किलो के गोले से करा दिया जाए तो ऊष्मा का प्रवाह कण से गोले में होगा। दो वस्तुओं में ऊष्मा के परिमाणों में कितना ही अंतर क्यों न हो, अगर उनके तापमान में अंतर नहीं है तो एक से दूसरे में ऊष्मा का प्रवाह नहीं होगा। ऊष्मा का प्रवाह तापमान की भिन्नता पर ही निर्भर करता है। इस विषय में ऊष्मा का प्रवाह, पानी के प्रवाह जैसा होता है। पानी का प्रवाह पानी के परिमाण पर नहीं बल्कि उसकी सतह की ऊँचाई पर निर्भर करता है। समुद्र में पानी का परिमाण अपरिमित है, तो भी सभी नदियों का पानी ऊँची सतह से नीची सतह की ओर बहता हुआ अंततः समुद्र में जा गिरता है। समुद्र का पानी कभी नदी में प्रवाहित नहीं होता है। जिस प्रकार सतह की ऊँचाई की भिन्नता से पानी का प्रवाह होता है और सदैव ऊँची सतह से नीची सतह की ओर होता है उसी प्रकार ऊष्मा का प्रवाह केवल तापमान की भिन्नता पर ही होता है और ऊँचे तापमान से नीचे तापमान की ओर होता है।

तापमान एक संख्या द्वारा प्रकट किया जाता है। एक स्थिर बिंदु को शून्य मान कर इसकी माप का प्रारंभ होता है। तापमान के सेन्टीग्रेड स्केल में पिघलती हुई वरफ के तापमान को ० (शून्य) डिग्री और खोलते हुए पानी के तापमान को १०० डिग्री माना जाता है। शून्य डिग्री के नीचे के तापमान को ऋण (negative) तापमान और ऊपर के तापमान को धन (positive) तापमान कहा जाता है। तापमान मापने के लिए विशेष प्रकार के यंत्र की आवश्यकता होती है। इसे तापमापी यंत्र या थर्मामीटर यंत्र कहते हैं।

### तापमापी या थर्मामीटर (Thermometer)

ऐसे तो हम स्पर्श द्वारा तापमान का अंदाज लगा लेते हैं और कह सकते हैं कि यह वस्तु ठंडी है, साधारण गरम है, या अति गरम है आदि। किन्तु इसमें प्रायः गलती होने की संभावना रहती है। मान लीजिए तीन वस्तुओं में पानी रखा है। एक में वरफ का पानी, एक में साधारण पानी और एक में गरम पानी। अब अगर वरफ के पानी में कुछ देर तक हाथ रखकर फिर हाथ को साधारण पानी में रखा जाए, तो मालूम होगा कि वह पानी गरम है। किन्तु अगर गरम पानी में कुछ देर तक हाथ रखने के बाद फिर साधारण पानी में हाथ डाला जाए, तो वह पानी ठंडा मालूम होगा। इससे यह स्पष्ट

हो जाता है कि स्पर्श द्वारा ठीक-ठीक तापमान नहीं मालूम किया जा सकता है। सही-सही तापमान की माप, थर्मामीटर से की जा सकती है।

हम जानते हैं कि ताप से वस्तु प्रसारित होती है। देखा गया है कि ताप में किसी वस्तु का विस्तार एक निश्चित दर से होता है। एक वस्तु ४ डिग्री तापमान से जितनी विस्तारित होगी, ४० डिग्री तापमान में उससे १० गुना अधिक विस्तारित होगी। ऊष्मा से वस्तुओं के इस विस्तार को देखकर तापमान मापा जाता है।

### थर्मामीटर का निर्माण

साधारण थर्मामीटर बनाने के लिए, काँच की नली में कोई एक द्रव पदार्थ डाला जाता है और उसका बढ़ना देखकर तापमान का बढ़ना मापा जाता है। द्रव पदार्थ इसलिए लिया जाता है कि ऊष्मा से ठोस पदार्थ के आयतन में वृद्धि का परिमाण इतना कम होता है कि उसे देखकर तापमान जानना कठिन हो जाता है। इसीलिए साधारण थर्मामीटर बनाने के लिए द्रव पदार्थ ही लिया जाता है। इस काम के लिए पारा, अन्य द्रव पदार्थों से अधिक उपयोगी होता है। कारण यह है कि तापमान में वृद्धि के साथ-साथ पारा समरूप से बढ़ता है, यह ऊष्मा का सुचालक है, सफेद और चमकीला होने के कारण आसानी से दिखलाई पड़ता है, यह वाष्पशील नहीं है, बहुत ऊँचे तापमान पर खोलता है और बहुत नीचे तापमान पर द्रव से ठोस अवस्था प्राप्त करता है।

पारायुक्त थर्मामीटर बनाने के लिए एक सिरे पर पोली घुंड़ी युक्त सूक्ष्म छिद्र वाली काँच की नली ली जाती है और उसमें पारा भर दिया जाता है। पारा भरने के लिए नली के ऊपर एक कीप में पारा भरकर रख दिया जाता है और नीचे की घुंड़ी को गरम किया जाता है। गरम होने पर उसके अंदर की कुछ वायु फैलकर निकल जाती है और जब घुंड़ी ठंडी होती है, तब पारा उस शून्य स्थान को भरने के लिए अपने आप अंदर चला जाता है। दो-तीन बार ऐसा करने पर घुंड़ी में काफी पारा भर जाता है। अब घुंड़ी को फिर से गरम किया जाता है ताकि पारा बढ़कर नली के संपूर्ण छिद्र में भर जाए और उसमें वायु न रह जाए। फिर काँच को पिघला कर नली के खुले हुए मुँह को बंद कर दिया जाता है।

थर्मामीटर को अंशांकित करने के लिए पहले वरफ का हिमांक (freezing point) और फिर पानी का क्वथनांक (boiling point) निकाला जाता है। थर्मामीटर में हिमांक तथा क्वथनांक के बीच के अंतर को मूल अंतराल (fundamental interval) कहते हैं। इसी अंतराल को अंशों में बाँटकर थर्मामीटर अंशांकित किया जाता है। इस प्रकार अंशांकित थर्मामीटर के प्रत्येक अंश को डिग्री (degree) कहते हैं।

### हिमांक का निर्धारण

हिमांक निकालने के लिए थर्मामीटर की पारापूर्ण घुंड़ी को पिघलती हुई वरफ में डूबाकर रखा जाता है। थर्मामीटर को वरफ में रखते ही नली के अंदर पारा नीचे उतरने लगता है और अंत में एक स्थान पर आकर रुक जाता है। थर्मामीटर पिघली हुई वरफ में कितनी ही देर तक क्यों न रखा जाए, पारा और नीचे नहीं उतरेगा। थर्मामीटर में पारे के इस स्थान को चिह्नित कर दिया जाता है। इसे थर्मामीटर का हिमांक या निम्न स्थिर बिंदु (lower fixed point) कहा जाता है।

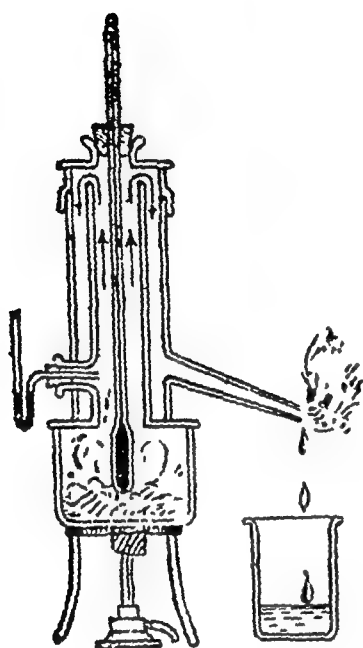
### क्वथनांक का निर्धारण

क्वथनांक का निर्धारण करने के लिए थर्मामीटर को उबलते हुए पानी के ऊपर इस प्रकार रखा जाता है कि उसकी घुंड़ी और डाट, दोनों खोलते हुए पानी के ठीक ऊपर रहें। उबलते हुए पानी के ऊपर रखने के बाद थर्मामीटर का पारा ऊपर चढ़ने लगता है और कुछ देर तक चढ़ने के बाद एक स्थान पर आकर रुक जाता है। अब थर्मामीटर को उबलते हुए पानी की भाप में कितनी ही देर तक क्यों न रखा जाए, पारा और ऊपर नहीं चढ़ेगा। थर्मामीटर में इस स्थान को चिह्नित कर दिया जाता है और इसे क्वथनांक या उच्च स्थिर बिंदु (upper fixed point) कहा जाता है।

थर्मामीटर का उच्च स्थिर बिंदु निकालने के लिए प्रयोगशालाओं में हिस्सोमीटर नाम के यंत्र का व्यवहार किया जाता है। इसकी दीवार दोहरी होती है जो इसे दो कोष्ठों में बाँट देती है। भीतरवाले कोष्ठ में पानी खोलता है और भाप भीतर वाले कोष्ठ से बाहर वाले कोष्ठ में जाकर वहाँ से निकल जाती है। इससे यह लाभ होता है कि भीतर वाले कोष्ठ की भाप



बाहर की ठंडी वायु के संपर्क में नहीं आने के कारण पूर्णतः शुष्क रहती है। भीतर वाले कोष्ठ में थर्मामीटर सीधा खड़ा रहता है और उबलते हुए पानी की सतह के ठीक ऊपर रहता है।



[ चित्र ६१—हिप्सोमीटर ]

### तापमान मापने के मात्रक

तापमान मापने के लिए तीन प्रकार के मात्रक प्रचलित हैं। इनमें सेंटीग्रेड स्केल सबसे अधिक प्रचलित है। वैज्ञानिक कामों के लिए आम तौर पर इसको काम में लाया जाता है। लेकिन इंगलैंड आदि कुछ देशों में फारेन हाइट स्केल भी प्रचलित है।

सेंटीग्रेड स्केल में हिमांक ० डिग्री तथा क्वथनांक १०० डिग्री होता है और मूल अंतराल को एक सौ भागों में बाँट दिया जाता है। प्रत्येक भाग को एक डिग्री सेंटीग्रेड ( $1^{\circ}\text{C}$ ) कहते हैं।

फारेनहाइट स्केल में हिमांक  $32^{\circ}$  तथा क्वथनांक  $212^{\circ}$  माना जाता है और मूल अंतराल को १८० भागों में बाँटा जाता है। इसके प्रत्येक भाग को डिग्री फारेनहाइट ( $^{\circ}\text{F}$ ) कहते हैं।

हमारे यहाँ बुखार आदि देखने का जो थर्मामीटर प्रचलित है उसमें फारेनहाइट स्केल होता है।

पूर्वी यूरोप के कुछ देशों में रीमर (Reaumer) स्केल नाम का एक अन्य तापमान का मात्रक प्रचलित है। लेकिन, इन दिनों इसका व्यवहार बहुत कम होता है।

रीमर स्केल में हिमांक  $0^{\circ}$  तथा क्वथनांक  $80^{\circ}$  होता है। मूल अंतराल को ८० डिग्रियों में बाँट दिया जाता है।

तापमान का एक से दूसरे स्केल में परिवर्तन

एक स्केल में तापमान मालूम होने से उसे दूसरे स्केल में आसानी से बदला जा सकता है। हम जानते हैं कि तीनों स्केलों में मूल अंतराल क्रमशः १००, १८० तथा ८० है, अर्थात् से० का १०० डिग्री = फा० का १८० डिग्री = री० का ८० डिग्री।

∴ से० का १ डिग्री = फा० का  $\frac{9}{5}$  डिग्री = री० का  $\frac{4}{5}$  डिग्री

इसलिए सेंटीग्रेड से फारेनहाइट में परिवर्तित करने के लिए :—

दिया गया तापमान ( $^{\circ}\text{C}$  में)  $\times \frac{9}{5} + 32$  (चूँकि फारेनहाइट का हिमांक  $32^{\circ}$  पर है) = तापमान  $^{\circ}\text{F}$  में। सेंटीग्रेड से रीमर में परिवर्तित करने के लिए :—

दिया गया तापमान ( $^{\circ}\text{C}$  में)  $\times \frac{8}{5}$  = तापमान  $^{\circ}\text{R}$  में।

फारेनहाइट से सेंटीग्रेड में परिवर्तित करने के लिए—(दिया गया तापमान ( $^{\circ}\text{F}$ )  $- 32$ )  $\times \frac{5}{9}$  = तापमान  $^{\circ}\text{C}$  में।

फा० से रा० में परिवर्तित करने के लिए :—

(दिया गया तापमान  $^{\circ}\text{F} - 32$ )  $\times \frac{4}{9}$  = तापमान  $^{\circ}\text{R}$  में।

रा० से से० में परिवर्तित करने के लिए :—

दिया गया तापमान  $^{\circ}\text{R}$  में  $\times \frac{5}{4}$  = तापमान  $^{\circ}\text{C}$  में।

रा० से फा० में परिवर्तित करने के लिए :—

दिया गया तापमान  $^{\circ}\text{R}$  में  $\times \frac{9}{4} + 32$  = तापमान  $^{\circ}\text{F}$  में।

इस प्रकार कोई एक तापमान अगर सेंटीग्रेड में C, फारेनहाइट में F और राइमर में R हो तो उनके बीच का संबंध इस प्रकार होगा :—

$$\frac{C}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{R}{80} \quad \text{अर्थात्}$$

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{R}{4}$$

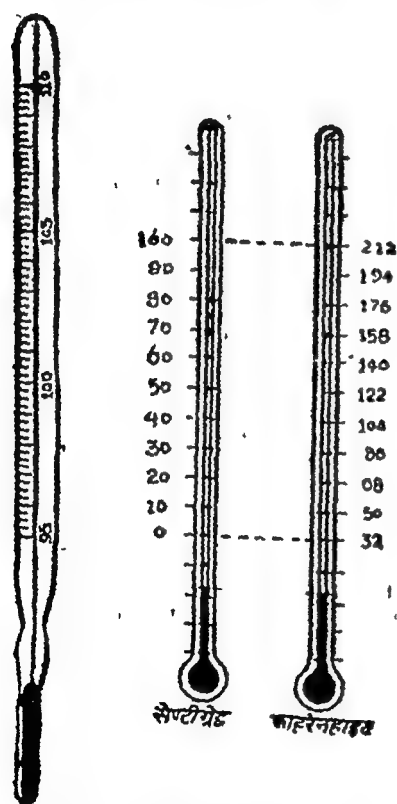
इस प्रकार C = ५ हो तो F = ४१ और R = ४ होगा।

### डॉक्टरी थर्मामीटर (clinical thermometer)

डॉक्टरी थर्मामीटर मानव-शरीर का तापमान मालूम करने के लिए व्यवहार किया जाता है। इसकी भी बनावट साधारण थर्मामीटर जैसी ही होती है। केवल इसकी घुंड़ी गोल न होकर लंबी होती है और घुंड़ी के ऊपर पारा निकलने का मार्ग बहुत सँकरा और टेढ़ा बना दिया जाता है। हमारे देश में डॉक्टरी थर्मामीटर में फारेनहाइट स्केल रहता है। इसमें  $98^{\circ}$  फा० से  $110^{\circ}$  फा० तक का तापमान मापा जा सकता है और थर्मामीटर तदनुसार चिह्नित रहता है। घुंड़ी के ऊपर पारा बाहर निकल आने के बाद अपने आप घुंड़ी में लौट नहीं सकता और हम आसानी से थर्मामीटर में

अधिकतम तापमान को देख सकते हैं। देख लेने के बाद थर्मामीटर को झाड़ कर पारे को घुंड़ी में वापस करवाया जाता है। इस प्रकार डॉक्टरी थर्मामीटर एक अधिकतम थर्मामीटर (maximum thermometer) है अर्थात् जाँच करने के समय अधिकतम तापमान पर आकर इसका पारा स्थिर हो जाता है और सस्पर्श से हटा लेने पर भी पारा वही टिका रहता है और अधिकतम तापमान को दर्शाता रहता है।

अधिकतम तथा निम्नतम थर्मामीटर  
इस प्रकार के थर्मामीटर से एक निर्दिष्ट समय के अंदर का अधिकतम तथा निम्नतम तापमान मालूम हो जाता है। मौसम की सूचना प्रदान करनेवाले कार्यालयों में दिन तथा रात में अधिकतम तथा निम्नतम तापमान जानने के लिए इस प्रकार के थर्मामीटरों की सहायता



[ चित्र ६२—डॉक्टरी थर्मामीटर)  
तथा साधारण थर्मामीटर ]

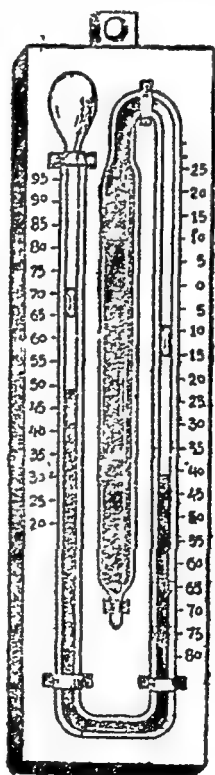
ली जाती है। अधिकतम तथा निम्नतम थर्मामीटर कई प्रकार के होते हैं, जिनमें सिक्स के थर्मामीटर (Six's thermometer) में एक साथ दोनों काम होते हैं।

### सिक्स का अधिकतम-निम्नतम थर्मामीटर

इसमें अंग्रेजी अक्षर U जैसी एक नली रहती है। नली के एक सिरे पर एक बड़ी बेलनाकार घुंड़ी रहती है, जो नली की दोनों भुजाओं के बीच में अंदर की ओर मुड़ी हुई होती है। नली के दूसरे सिरे पर एक छोटी गोल घुंड़ी रहती है। नली के निचले भाग में पारा तथा बेलनाकार घुंड़ी और कुछ दूर तक नली में अलकोहल भरा रहता है। दूसरी घुंड़ी और उसके नीचे की नली के एक अंश में कुछ अलकोहल भरा रहता है और बाकी स्थान में अलकोहल का वाष्प रहता है। इस प्रकार इस घुंड़ी की ओर अलकोहल के प्रसारण के लिए स्थान बचा रहता है। पारे के ऊपर नली की प्रत्येक बाहु में इंच के आकार के लोहे के एक-एक सूचक रहते हैं। दोनों सूचक हलकी कमानियों से नली की दीवारों से सटे हुए रहते हैं। नली की बेलनाकार घुंड़ी से जुड़ी हुई बाहु में ऊपर से नीचे और गोल घुंड़ी की बाहु में नीचे से ऊपर अंशांकित रहता है।

तापमान बढ़ने पर अलकोहल फैलने लगता है—क्योंकि उसे गोल घुंड़ी की ओर ही फैलने के लिए स्थान मिलता है इसलिए बेलनाकार घुंड़ी का अलकोहल फैलते

समय नीचे की ओर दाब डालकर पारे को नीचे उतार देता है। इस बाहु



[ चित्र ६३—सिक्स का अधिकतम - निम्नतम थर्मामीटर तथा सूचक ]

में अलकोहल के दाब से पारा नीचे उतरता है, तो दूसरी वाहु में वह ऊपर चढ़ने लगता है। इस प्रकार से दूसरी वाहु में ऊपर चढ़ते समय पारा सूचक को भी ऊपर ठेलकर ले जाता है। ठंडा पड़ने पर जब अलकोहल सिकुड़ता है और पारा नीचे उतर आता है तो उस समय सूचक अपनी उच्चतम स्थिति पर ही चिपका रह जाता है और उसका तल-भाग अधिकतम तापमान को दर्शाता है।

इसी प्रकार ठंड से जब बेलनाकार घुंड़ी का अलकोहल सिकुड़ता है तो उस समय उसके नीचे की वाहु में पारा ऊपर चढ़ने लगता है और दूसरे सूचक को भी ऊपर ले जाता है। गरमी पड़ने पर जब पारा फिर से अलकोहल के दाब से नीचे चला जाता है तब उस समय भी वह सूचक उस स्थान पर चिपका रह जाता है और उसका तल निम्नतम तापमान को दर्शाता है। अधिकतम और निम्नतम तापमान को देख लेने के बाद चुंबक की सहायता से फिर सूचकों को पारे के ऊपर उतार दिया जाता है।

### थर्मामीटर का व्यावहारिक प्रयोग

थर्मामीटर का मुख्य काम है किसी वस्तु या प्राणी का तापमान मापना। कल-कारखानों में, वैज्ञानिक प्रयोगों में, जहाँ भी निश्चित तापमान की जानकारी की आवश्यकता होती है, वहाँ थर्मामीटर के बिना काम नहीं चल सकता। यह सही है कि सभी कामों के लिए एक ही प्रकार के थर्मामीटर से काम नहीं चल सकता है। बहुत अधिक तापमान मापने के लिए पारा का थर्मामीटर उपयुक्त नहीं होता। इसके लिए विशेष प्रकार का गैस-थर्मामीटर, जिसमें नाइट्रोजन गैस का इस्तेमाल होता है, काम में लाया जाता है।

इन कामों के अलावा मौसम का हाल जानने के लिए भी थर्मामीटर का इस्तेमाल होता है। अधिकतम-निम्नतम थर्मामीटर की सहायता से दिन-रात का अधिकतम तथा निम्नतम तापमान मालूम हो जाता है। इससे अगले दिन का मौसम बताने में विशेषज्ञों को सहायता मिलती है।

घरों में आए दिन डॉक्टरों थर्मामीटर की आवश्यकता पड़ती है। कहा जा सकता है कि डॉक्टरों थर्मामीटर प्रत्येक घर के लिए एक आवश्यक यंत्र है।

## डाक्टरी थर्मामीटर का प्रयोग

मनुष्य के शरीर का तापमान देखने के लिए इस थर्मामीटर का इस्तेमाल होता है। जैसा कि हम पहले ही देख चुके हैं, हमारे देश में डाक्टरी थर्मामीटर फारेनहाइट स्केल के अनुसार बनते हैं और इसमें  $95^{\circ}$  से  $110^{\circ}$  फा० तक तापमान मापा जा सकता है। प्रत्येक दो डिग्री के बीच चार और छोटे-छोटे चिह्न लगे हुए होते हैं। प्रत्येक चिह्न का मान दो पॉइंट ( $0.2$ ) होता है।

साधारण स्वस्थ मनुष्य के शरीर का तापमान  $98.4$  होता है। किसी-किसी क्षेत्र में शरीर का स्वाभाविक तापमान इससे थोड़ा-बहुत कम-वैसी हो सकता है। तापमान का इससे बढ़ जाना या घट जाना दोनों ही शारीरिक अस्वस्थता का लक्षण है। शरीर का तापमान स्वाभाविक तापमान से बढ़ जाने को ज्वर या बुखार कहा जाता है। शरीर का तापमान अधिक बढ़ या घट जाने से तुरंत डाक्टरी सहायता का प्रबंध करना चाहिए।

शरीर का तापमान देखने के लिए साधारणतः मुँह में, जीभ के नीचे थर्मामीटर की घुड़ी को रखा जाता है और आधा मिनट बाद निकाल कर डांट के स्केल पर पारा का स्थान पढ़कर तापमान मालूम किया जाता है। कभी-कभी काँख के नीचे रखकर भी शरीर का तापमान देखा जाता है।

इस्तेमाल के पहले थर्मामीटर को अलकोहल से या पानी से धो लेना चाहिए। फिर देख लेना चाहिए कि पारा डांट में चढ़ा हुआ है या नहीं। अगर पारा चढ़ा हुआ है तो थर्मामीटर को झाड़ कर पारे को डांट के निम्नतम अंकन  $94^{\circ}$  या  $95^{\circ}$  तक ला देना चाहिए। इसके बाद ही थर्मामीटर को तापमान देखने के लिए मुँह में या काँख के नीचे रखना चाहिए। इस्तेमाल के बाद थर्मामीटर के पारे को फिर से झाड़ कर निम्नतम अंकन पर ला देना चाहिए और उसे धो-पोछ कर मजबूत खोली के अंदर बंद करके रख देना चाहिए।

थर्मामीटर को कभी भी बच्चों के हाथ में नहीं देना चाहिए, क्योंकि यह आसानी से टूट जाता है और इससे बच्चे जखमी हो जा सकते हैं। साथ ही



## पदार्थ पर ऊष्मा का प्रभाव

हम देख चुके हैं कि ऊष्मा ऊर्जा का एक रूप है। जाड़े के दिनों में ऊष्मा की कमी के कारण हमें ठंड सताती है और गरमी के दिनों में ऊष्मा की अधिकता से हमें गरमी परेशान करती है। ठंडक और गरमी की यह अनुभूती हमारे शरीर और परिवेश के तापमानों के अंतर पर निर्भर करती है। ऊष्मा द्वारा पदार्थों की अवस्था में परिवर्तन होता है। ठोस पदार्थ द्रव या द्रव पदार्थ गैसीय बन जाता है। ऊष्मा से रासायनिक परिवर्तन भी होता है। इससे पदार्थों के आयतन में भी परिवर्तन होता है तथा इससे शारीरिक गुण—जैसे कठोरता, लचीलेपन आदि में भी परिवर्तन हो सकता है।

ऊष्मा के प्रभाव से पदार्थों में अवस्था-परिवर्तन होता है, इस बात को हम पहले ही पढ़ चुके हैं। अब हम देखेंगे कि ऊष्मा के प्रभाव से पदार्थों के आयतन में भी परिवर्तन होता है। पदार्थ चाहे ठोस, द्रव या गैसीय, किसी अवस्था में क्यों न हो, ऊष्मा के प्रभाव से उसके आयतन में परिवर्तन अवश्य ही होता है। ऊष्मा बढ़ने से वस्तुओं के आयतन में वृद्धि होती है और ऊष्मा घटने से आयतन घटता है। ऊष्मा से पदार्थ के आयतन में वृद्धि होने के साथ-साथ उसकी लंबाई, चौड़ाई, मोटाई तथा सतहों के क्षेत्रफल में भी वृद्धि होती है।

साथ ही, ऊष्मा के फलस्वरूप पदार्थों के तापमान में भी परिवर्तन होता है। दूसरे शब्दों में, ऊष्मा प्राप्त करने से पदार्थ अधिक गरम हो जाता है, यानी उसका तापमान बढ़ जाता है और ऊष्मा का त्याग करने से ठंडा हो जाता है, यानी उसका तापमान घट जाता है।

### ऊष्मा के प्रभाव से ठोस का प्रसार (Expansion of solid)

ठोस पदार्थों को गरम करने पर उनके आयतन तथा आकार में वृद्धि होती है। किसी वस्तु का प्रसार उस वस्तु की प्रकृति और तापमान की वृद्धि पर निर्भर करता है। तापमान के घटने से प्रसार के बदले संकुचन होता है।

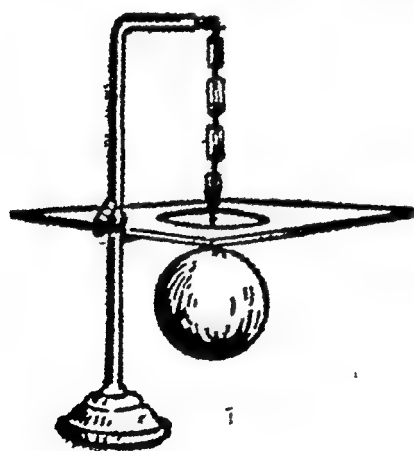


निम्नलिखित उदाहरण से ऊष्मा के प्रभाव से लोहे का प्रसार आसानी से देखा जा सकता है :—

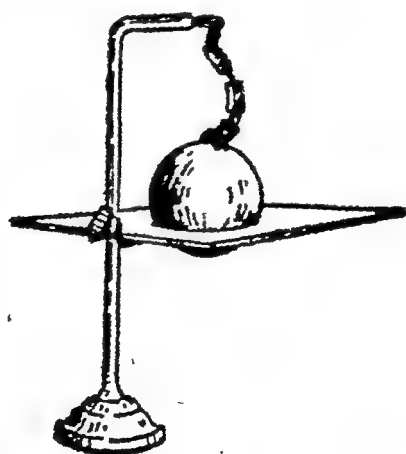
गांवों में लोहार बेलगाड़ी के पहियों पर लोहे का हान चढ़ाते समय पहले लोहे के हान को आग में डालकर खूब गरम कर लेते हैं। गरम लोहे का हान आसानी से पहिये पर चढ़ जाता है। चढ़ाते समय, देखने से मालूम पड़ेगा कि हान पहिये से व्यास में बड़ा है। लेकिन लगा देने के बाद लोहा जैसे-जैसे ठंडा होता जाएगा, वैसे-वैसे उसका संकुचन होता जाएगा और अंत में ठंडा होकर वह पहिये पर कसकर बैठ जाएगा। इससे प्रमाणित हो जाता है कि गरम होने से लोहे के हान की परिधि बढ़ गयी थी और ठंडा होने पर वह घट गयी है।

निम्नलिखित प्रयोग में ऊष्मा के प्रभाव से ठोस पदार्थों के आयतन में वृद्धि होना दिखाया जा सकता है :—

प्रयोग—एक धातु-निर्मित छोटा गोला लीजिए और टीन के टुकड़े में इतना बड़ा छेद कीजिए कि गोला छेद के किनारों को छूते हुए उसके



क



ख

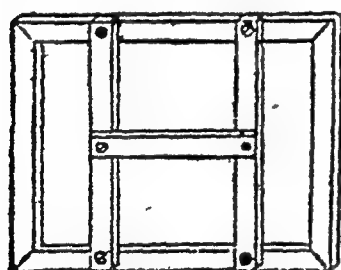
[ चित्र ६४—ऊष्मा से ठोस में वृद्धि : (क) ठंडी अवस्था में गोले का छेद से निकल जाना, (ख) गरम होने पर गोले का छेद से नहीं निकलना ]

अंदर से निकल जा सके। अब गोले को गरम कीजिए और फिर उसे छेद में डालिए। देखिएगा कि गोला अब छेद से नहीं निकलता है। किंतु

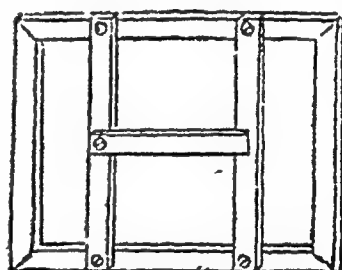
कुछ देर बाद ठंडा होने पर छेद से बाहर निकल जाता है। गरम होने से गोले का आयतन बढ़ जाने के कारण अब गोला छेद में से पार नहीं हो सकता है। गोले को ठंडा होने के लिए छेद पर छोड़ देने से देखिएगा कि गोला धीरे-धीरे छेद के अंदर जाकर अंत में उससे पार हो जाएगा। ठंडा होकर धीरे-धीरे सिकुड़ जाने के कारण ही गोला फिर छेद के पार हो जाता है।

तापमान की वृद्धि या कमी से वस्तुओं के प्रसार तथा संकुचन ; दोनों में काफी बल होता है। निम्नलिखित प्रयोग से इसे देखा जा सकता है :—

प्रयोग—बीच में छेदवाली लोहे की दो मजबूत पटरियों को एक मजबूत लकड़ी के चौखटे पर थोड़ी-थोड़ी दूर पर रखिए। दोनों सिरों पर छेदवाली लोहे की एक तीसरी पटरी लेकर उसे आगे में खूब गरम कीजिए। गरम हो जाने के बाद इसे चौखटे पर रखी हुई पटरियों पर ऐसे रखिए कि इसके दोनों सिरों के छेद उनके बीच के छेदों पर आ जाएँ। अब पहली दोनों पटरियों को मजबूत पेच से चौखटे में कस दीजिए। तीसरी पटरी के एक सिरे को भी मजबूत पेच से एक पटरी में कस दीजिए। उसके दूसरे सिरे को



क

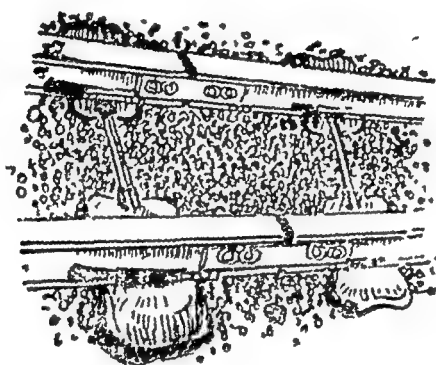


ख

[ चित्र ६५—ऊष्मा से प्रसार तथा संकुचन का बल : (क) जड़ी हुई गरम पटरी, (ख) ठंडी होकर कील तोड़कर सिकुड़ी हुई पटरी ]

एक पतली कील से दूसरी पटरी से जड़ दीजिए। अब ठंडा पानी लेकर गरम पटरी पर डाल दीजिए। देखिएगा कि एकाएक पतली कील टूट जाएगी। पटरी के ठंडा होकर सिकुड़ने के बल से ही कील टूटती है। पटरी का एक सिरा मजबूत पेच से कसा हुआ रहने के कारण सिकुड़ नहीं सकता है। इसलिए सिकुड़ने का संपूर्ण बल दूसरे सिरे पर लगा और पतली कील को—जो

उसे सिकुड़ने से रोकती थी—तोड़ डाला । कल-पुरजे वनाते समय, रेल की पटरी बँठाते समय या अन्य कामों के समय तापमान के परिवर्तन से वस्तुओं के प्रसार और संकुचन का ख्याल रखा जाता है । रेल की दो पटरियों को फिशप्लेट से जोड़ते समय बीच में थोड़ी-थोड़ी जगह खाली छोड़ दी जाती है ताकि गरमी से प्रसारित होने पर स्थानाभाव के कारण पटरियाँ टेढ़ी न हो जाएँ । फिशप्लेट के अंदर जिन छेदों से वोल्ट पार होते हैं वे वोल्ट के व्यास से बड़े होते हैं ताकि वोल्ट उनके अंदर आगे-पीछे खिसक सकें ।



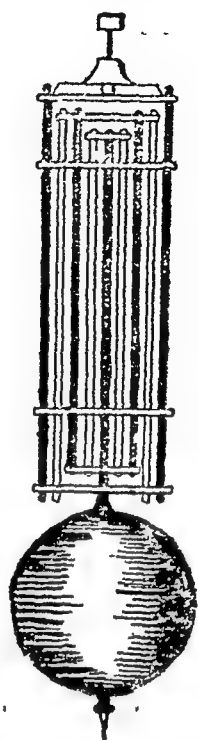
[ चित्र ६६—रेल की पटरियों का जोड़ ]

काँच के ग्लास में एकाएक गरम पानी डाल देने से वह चटक जाता है । कारण यह है कि एकाएक गरमी पाकर ग्लास के अंदर का हिस्सा प्रसारित हो जाता है । लेकिन बाहरी हिस्सा अपेक्षाकृत ठंडा होने के कारण उसे प्रसारित होने से रोकता है और इस कारण ग्लास टूट जाता है । इसी प्रकार लालटेन के गरम शीशे पर ठंडे पानी का छोटा पड़ने से उस स्थान का शीशा एकाएक ठंडा होकर संकुचित होता है जबकि बाकी गरम हिस्से का संकुचन नहीं होता है, इस कारण शीशा चटक जाता है ।

#### प्रतिकारित लोलक

दोलन घड़ी वनाते समय उसके लोलक की लंबाई ऊष्मा के प्रभाव से घट या बढ़ न जाए, इसका प्रबंध किया जाता है । हम देख चुके हैं कि दोलन घड़ी के लोलक का दोलन-काल दो सेकेंड होता है । साथ ही हम देख चुके हैं कि लोलक की लंबाई घट-बढ़ जाने से दोलन-काल में भी परिवर्तन हो जाता है ।

अर्थात् लोलक की लंबाई बढ़ जाने से दोलन-काल भी बढ़ जाएगा और घड़ी सुस्त ( slow ) हो जाएगी। इसी प्रकार लोलक की लंबाई कम हो जाने से दोलन-काल भी कम हो जाने पर घड़ी तेज ( fast ) हो जाएगी। इन्हीं कारणों से मामूली घड़ी गरमी में सुस्त और जाड़े में तेज हो जाती है। इसलिए अच्छी घड़ियों में लोलक को इस प्रकार बनाया जाता है कि ऊष्मा का उसकी लंबाई पर कोई प्रभाव न हो। इसलिए साधारणतः घड़ी के लोलक में पाँच निकल मिली हुई लोहे की छड़े और चार पीतल की छड़े रहती हैं। लोहे की छड़ें और पीतल की छड़े इस प्रकार सजी तथा जुड़ी रहती हैं कि ताप से लोहे की छड़ें केवल नीचे की ओर और पीतल की छड़े ऊपर की ओर बढ़ सकती हैं। समान ताप से लोहे की तुलना में पीतल  $\frac{1}{5}$  गुना अधिक बढ़ता है। इसलिए लोलक के लोहे की पाँच छड़ें मिलकर नीचे की ओर जितनी बढ़ती हैं, उसकी चार पीतल की छड़ें मिलकर ऊपर की ओर उतनी ही बढ़कर लोलक की लंबाई को ठीक रखती हैं। दोलन घड़ी के इस प्रकार के लोलक को प्रतिकारित लोलक ( compensated pendulum ) कहते हैं।



[ चित्र ६७—प्रतिकारित लोलक ]

### ऊष्मा के प्रभाव से द्रव का प्रसार (Expansion of liquid)

ऊष्मा से द्रव पदार्थ का प्रसार ठोस पदार्थ के प्रसार की तुलना में अत्यधिक होता है। समान तापमान की वृद्धि से समान आयतन के विभिन्न द्रव पदार्थों का प्रसार विभिन्न होता है। अलकोहल (alcohol) का प्रसार पारा के प्रसार से प्रायः १० गुना अधिक होता है। निम्नलिखित प्रयोग से ऊष्मा द्वारा पानी का प्रसार दिखाया जा सकता है :—

प्रयोग—काँच का एक फ्लास्क लेकर उसे रंगीन पानी से ऊपर तक भर दीजिए। एक काग में छेद करके उसमें दोनों सिरों पर खुले हुए काँच की

एक पतली नली लगा दीजिए और काग को प्लास्क के मुँह पर मजबूती से लगा दीजिए। ध्यान रहे कि प्लास्क में हवा का एक भी बुलबुला न रह जाए। अब एक बड़े पात्र में पानी रखकर प्लास्क को उसमें गले तक डुबो दीजिए और पानी को गरम कीजिए। ऐसा करने पर देखिएगा कि जैसे-जैसे पानी गरम होता जाएगा, काँच की नली में वैसे-वैसे पानी ऊपर चढ़ता जाएगा। बगल में एक स्केल रखकर तथा पानी में एक तापमापी यंत्र (thermometer) रखकर पानी के इस प्रसार को मापा जा सकता है। पानी के बदले में किसी भी द्रव पदार्थ को प्लास्क में रखकर यह प्रयोग किया जा सकता है।

द्रव का अपना कोई आकार न होने के कारण इसका प्रसार इसे किसी पात्र में रखकर ही देखा जा सकता है। किंतु, ऊष्मा से पात्र के आयतन में भी वृद्धि होती है। इसलिए द्रव का जो प्रसार इस प्रकार मापा जाता है वह उसका वास्तविक प्रसार न होकर आभासी प्रसार है। इसे द्रव का आपेक्षिक प्रसार कहते हैं। द्रव का वास्तविक प्रसार जानने के लिए उसके आपेक्षिक प्रसार में पात्र का प्रसार भी जोड़ देना पड़ेगा।

∴ द्रव का प्रसार = द्रव का आभासी प्रसार + पात्र का प्रसार।

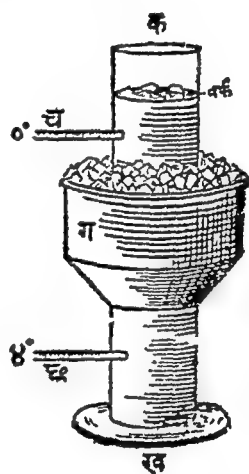
### पानी का विचाली प्रसार

ऊष्मा से अन्य पदार्थों जैसे पानी के आयतन में भी वृद्धि होती है। किंतु पानी का प्रसार विचाली है। ० डिग्री से ४ डिग्री सेंटीग्रेड तापमान तक तापमान की वृद्धि के साथ पानी के आयतन में वृद्धि होने के बजाए आयतन घटता जाता है यानी प्रसार के बजाए संकुचन होता जाता है। तापमान ४ डिग्री सेंटीग्रेड हो जाने के बाद ही बढ़ते तापमान के साथ पानी का आयतन भी बढ़ने लगता है और घनत्व घटने लगता है। इसके अतिरिक्त जल की एक और विशेषता है; वह यह कि जब पानी ०°C पर जमकर बर्फ बन जाता है तब उसका आयतन बढ़ जाता है और घनत्व घट जाता है। इसलिए, बर्फ पानी पर तैरती रहती है—डूबती नहीं।

पानी के इन विशेष गुणों के कारण ही शीतप्रधान इलाकों में जलचर प्राणी तथा वनस्पति पानी में जिंदा रह सकते हैं। क्योंकि, ४ डिग्री तापमान पर पानी का आयतन न्यूनतम हो जाने के कारण उसका घनत्व अधिकतम

हो जाता है और उस तापमान का पानी समुद्र तथा अन्य जलाशयों में नीचे बैठ जाता है। ठंडक से जब ऊपर का पानी जमकर बरफ हो जाता है, तो उस समय उसका घनत्व  $0^{\circ}\text{C}$  तापमान के पानी से कम होने के कारण बरफ सतह पर ही रह जाती है। ताप का कुचालक होने के कारण बर्फ की यह तह नीचे के पानी को ऊष्मा त्यागने नहीं देती है और जलचर प्राणी तथा वनस्पति नीचे के  $0^{\circ}\text{C}$  से  $4^{\circ}\text{C}$  तापमान तक के पानी में जीवित रह जाते हैं। पानी में अगर यह विशेषताएँ न होती तो शीतप्रधान इलाकों में समुद्र, नदी, झील आदि का पानी ऊपर से नीचे तक जमकर बरफ बन जाता और उसमें न तो प्राणी और न वनस्पति ही जिंदा रह सकते।

होप के यंत्र द्वारा पानी के विचाली प्रसार को दिखाया जा सकता है। इस यंत्र में एक लंबा, खोखला काँच का बेलन रहता है जिसका मुँह खुला होता है। बेलन के बीच में उसे घेरकर एक काँच का पात्र लगा रहता है। काँच के पात्र के नीचे तथा ऊपर बेलन में दो तापमापी यंत्र लगे रहते हैं। प्रयोग के लिए बेलन में पानी भरा जाता है और बीच के पात्र में बरफ रखकर उसमें नमक मिला दिया जाता है। कुछ ही देर में बेलन के ऊपरी भाग में लगा हुआ तापमापी यंत्र का पारा  $0^{\circ}\text{C}$  पर आ जाता है और सतह पर बरफ के टुकड़े जमने लगते हैं। लेकिन नीचे लगा हुआ तापमापी यंत्र का पारा  $4^{\circ}\text{C}$  पर आकर रुक जाता है।



[ चित्र ६८—होप का यंत्र :  
क-ख—बेलन, ग—वेष्टनकारी  
पात्र, च-छ—तापमापी यंत्र ]

### ऊष्मा से गैसीय पदार्थ का प्रसार (Expansion of Gases)

ऊष्मा का प्रभाव गैसों पर, ठोस तथा द्रव से कहीं अधिक होता है और ऊष्मा से गैसों का प्रसार, ठोस तथा द्रव पदार्थों के प्रसार से बहुत ही अधिक होता है। वायु भी अन्य गैसों की तरह ऊष्मा से प्रसारित हो

जाती है। निम्नलिखित प्रयोग द्वारा ऊष्मा से वायु का प्रसार दिखाया जा सकता है :—

**प्रयोग—**एक छोटा प्लास्क लेकर उसके मुँह पर छिद्रयुक्त काग लगा दीजिए और छिद्र में काँच की नली नली लगा दीजिए। देखने में खाली मालूम होने पर भी वास्तव में प्लास्क वायु से भरा हुआ रहेगा। प्लास्क को उलटा कर एक स्टैंड में इस प्रकार लगा दीजिए कि उसमें लगी हुई नली नीचे रखे हुए पात्र के रंगीन पानी के अंदर डूबी रहे। पहले काँच की नली में जहाँ तक अपने आप पानी चढ़ा है, उसे नोट कर लीजिए। फिर प्लास्क को धीरे-धीरे थोड़ा गरम कीजिए। ऊष्मा पाते ही प्लास्क के अंदर की वायु प्रसारित होने लगेगी और नली के अंदर के रंगीन पानी को नीचे की ओर दबाएगी और फिर पात्र के पानी के अंदर से बुलबुले के रूप में बाहर निकलने लगेगी। बाद में प्लास्क को ठंडा करने से वायु फिर से संकुचित हो जाएगी और उस खाली स्थान को भरने के लिए नली के अंदर और प्लास्क में कुछ दूर तक पानी ऊपर चढ़ जाएगा।

इसी कारण से, सूर्य की ऊष्मा के प्रभाव से, वायुमंडल में वायु-प्रवाह की सृष्टि होती है। ऊष्मा से वायु गरम होकर प्रसारित होती है और घनत्व घट जाने के कारण ऊपर चढ़ने लगती है। साथ ही आस-पास की अधिक घनत्व वाली ठंडी हवा उस खाली स्थान को भरने के लिए आने लगती है और इस क्रिया से वायु-प्रवाह या पवन की सृष्टि होती है।

### कमरे में संवातन (Ventilation)

कमरे के अंदर भी मनुष्य की श्वास-क्रिया तथा अन्य कारणों से वायु दूषित तथा गरम हो जाती है। गरम वायु हलकी होकर ऊपर की ओर चढ़ती है और साथ ही, नीचे से ठंडी हवा आकर उस स्थान को भर देती है। इस प्रकार से कमरे में संवातन का चालू रहना हमारे स्वास्थ्य के लिए अत्यंत आवश्यक है। कमरा संपूर्ण रूप से बंद रहने पर ऐसा नहीं हो सकता है और उसमें रहनेवाले, दूषित वायु के कारण बीमार पड़ जाते हैं। कमरे में ठीक से वायु आ-जा सके, इसलिए उसमें ऊपर की ओर संवातन खिड़की (ventilator) लगा देनी चाहिए और नीचे की खिड़कियाँ भी खुली रखनी चाहिए।

## ऊष्मा तथा घनत्व

ऊष्मा से पदार्थ प्रसारित होता है। प्रसारित होने से पदार्थों के आयतन में वृद्धि होती है। हम जानते हैं कि किसी वस्तु का घनत्व उसके द्रव्यमान को आयतन से भाग देने से प्राप्त होता है। इसलिए पदार्थ के आयतन में वृद्धि हो जाने से उस अनुपात में घनत्व में कमी हो जाती है। दूसरे शब्दों में, कहा जा सकता है कि ऊष्मा के प्रभाव से वस्तु का घनत्व कम हो जाता है। केवल  $0^{\circ}\text{C}$  से लेकर  $4^{\circ}\text{C}$  तक पानी में इस नियम का उल्लंघन होता है।

## ऊष्मा से पानी का वाष्पन, नमी और मौसम

ऊष्मा के कारण द्रव्य की भौतिक अवस्थाओं में परिवर्तन होता है। ऊष्मा से पानी वाष्प बन जाता है। सूरज की ऊष्मा से पृथ्वी गरम और नदी, तालाब, झील, समुद्र आदि सभी जगहों से पानी जलवाष्प बनकर वायु में जा मिलता है। वायु में मिले हुए जलवाष्प के परिमाण पर वायु की नमी या आर्द्रता (humidity) निर्भर करती है। दूसरे शब्दों में, वायु में जल-वाष्प की उपस्थिति को 'वायु की नमी या आर्द्रता' कहते हैं। वायुमंडल के इकाई-आयतन वायु में वर्तमान जलवाष्प के परिमाण को निरपेक्ष आर्द्रता (absolute humidity) कहते हैं।

एक निश्चित तापमान पर वायु के इकाई-आयतन को संतृप्त (saturated) करने के लिए आवश्यक जलवाष्प के द्रव्यमान के साथ, उस तापमान पर, वायुमंडल के इकाई आयतन में वर्तमान जलवाष्प के द्रव्यमान के अनुपात को सापेक्ष आर्द्रता (relative humidity) कहते हैं।

एक इकाई आयतन वायु को संतृप्त करने के लिए  
 आवश्यक जलवाष्प का द्रव्यमान  
 यानी, सापेक्ष आर्द्रता =  $\frac{\text{एक इकाई आयतन वायु में वर्तमान जलवाष्प के द्रव्यमान (समान तापमान पर)}}{\text{एक इकाई आयतन वायु को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प का द्रव्यमान}}$

सापेक्ष आर्द्रता को प्रतिशत द्वारा प्रगट किया जाता है। हाइग्रोमीटर (hygrometer) नामक यंत्र द्वारा सापेक्ष आर्द्रता मापी जाती है।

वायु के एक सौ भाग में साधारणतः केवल लगभग १.४० भाग ही जलवाष्प होता है, तथापि जलवाष्प वायु का एक महत्वपूर्ण अंग है। जीव-जंतु,



पेड़-पौधे आदि सबों के लिए यह एक आवश्यक पदार्थ है। जलवाष्प से पूर्णतः हीन वायु में प्राणियो तथा वनस्पतियों का वचना कठिन हो जाता है।

मौसम तथा स्थानविशेष की जलवायु के अनुसार वायु में जलवाष्प की कमी-बेशी होती है। गरमी के दिनों में वायु में इसकी कमी हो जाती है। इसलिए उन दिनों में गीले कपड़े सुखाने पर तुरत सूख जाते हैं। वर्षा के मौसम में वायु में जलवाष्प का परिमाण अधिक हो जाता है, क्योंकि उन दिनों मौसमी वायु समुद्र की ओर से प्रवाहित होकर जलवाष्प को उड़ा ले आती है। निम्नलिखित प्रयोग से आसानी से सिद्ध किया जा सकता है कि वायु में जलवाष्प है—

**प्रयोग—**एक छोटी कटोरी में तूतिया (copper sulphate) लेकर आग पर खूब सुखाइए। पूर्ण रूप से सूख जाने पर वह सफेद चूर्ण (anhydrous copper sulphate) का रूप ले लेगी। इस सफेद चूर्ण को तीन भागों में बाँटकर एक भाग को परखनली के अंदर रखकर उसके मुँह को काग से इस प्रकार बंद कर दीजिए कि उसमें कतई वायु प्रवेश न कर सके। बाकी दो भागों को दो कटोरियों में रखिए। एक कटोरी के चूर्ण पर एक बूंद पानी डालिए। देखिएगा कि चूर्ण का रंग बदलकर फिर पहले जैसा नीला हो गया है। दूसरी कटोरी में रखे हुए चूर्ण को खुला ही छोड़ दीजिए। कुछ समय के बाद देखिएगा कि कटोरी में रखा हुआ चूर्ण भी फिर से नीला हो गया है, किंतु परखनली में बंद चूर्ण में कोई परिवर्तन नहीं हुआ है। ऐसा होने का कारण यह है कि वायु में जलवाष्प को सोखकर कटोरी के चूर्ण ने फिर से अपने पूर्व रूप को प्राप्त कर लिया है और परखनली में वायु प्रवेश न कर सकने के कारण उसमें ऐसा न हो सका है।

ऊष्मा के कारण पानी का वाष्पन मौसम पर काफी असर डालता है। इसीके कारण बादल बनता है, मौसमी वायु प्रवाहित होती है और पानी बरसता है। साथ ही ऊष्मा की कमी-बेशी के कारण वायु में उपस्थित जलवाष्प ओले, ओस, तुषार, कुहरे, कुहासे आदि का रूप धारण करता है।

**बादल, वर्षा और ओला**

जलवाष्प से लदी वायु ऊपर चढ़कर ठंडा होने लगती है और उसका जल-वाष्प वायुमंडल में मिले हुए धूलकणों पर जलकणों के रूप में संघनित होने

लगता है। इस प्रकार असंख्य अति क्षुद्र जलकणों से बादल बनता है। ये जलकण मिलकर जब अपेक्षाकृत बड़ी-बड़ी बूँदों में परिणत हो जाते हैं, तब वजन बढ़ जाने के कारण वे वर्षा की बूँदों के रूप में नीचे गिरते हैं। गिरते समय इन बूँदों को अगर वायु की ऐसी तह से गुजरना पड़े जो बहुत अधिक ठंडी हो, तो बूँदें जमकर बरफ बन जाती हैं और ओले के रूप में पृथ्वी पर आ गिरती हैं।

### ओस

रात में जब पृथ्वी-तल तथा वायुमंडल शीतल होने लगते हैं और इतने शीतल हो जाते हैं कि वायुस्थ-जलवाष्प संघनित होकर घास तथा पेड़-पौधों की पत्तियों पर जलकणों के रूप में प्रकट होता है। इन जलकणों को ओस कहते हैं। गरमी के दिनों में ओस नहीं जमती, क्योंकि उन दिनों रात में वायु इतनी शीतल नहीं हो पाती कि जलवाष्प जलकण बन सके।

### कुहरा (Fog) तथा कुहासा (Mist)

पृथ्वी-तल तथा उससे कुछ ऊपर तक, जब जलवाष्प धूलकणों पर संघनित हो जाता है अर्थात् पृथ्वी-तल पर ही एक प्रकार के बादल की सृष्टि हो जाती है, तब उसे कुहरा कहते हैं। पतले कुहरे को कुहासा कहा जाता है।

### हिम (Snow)

शीतप्रधान देशों में जब वायुमंडल का टेम्परेचर  $0^{\circ}\text{C}$  से नीचे चला जाता है तब वायुमंडल का जलवाष्प वर्ष के सूक्ष्म कणों में संघनित हो जाता है, जिसे हिम कहते हैं। हिम देखने में धुनी हुई रई जैसा लगता है। वह वायु में उड़ता रहता है और धीरे-धीरे पृथ्वी पर आ गिरता है।

### क्वथन

ऊष्मा के प्रभाव से पानी तथा अन्य सभी द्रव किसी-न-किसी तापमान पर उबलने लगते हैं। ऊष्मा के प्रभाव से द्रव के उबलने को क्वथन कहते हैं।

सभी द्रव एक ही तापमान पर नहीं उबलते। जिस तापमान पर जो द्रव उबलने लगते हैं और भाप बनकर उड़ने लगते हैं, उसे उस द्रव का क्वथनांक (boiling point) कहते हैं। पानी का क्वथनांक  $100^{\circ}\text{C}$  या  $212^{\circ}\text{F}$  है।

किसी भी द्रव का व्वथनांक दबाव की कमी-व्वेशी से घटता-व्वढता रहता है। वायुमण्डल के साधारण दाव पर अर्थात् जब वायु-दावमापी में पारा ७६ सें० मी० या ३० इंच ऊँचा हो, पानी  $100^{\circ}\text{C}$  या  $212^{\circ}\text{F}$  तापमान पर उबलता है। लेकिन दाव व्वढने पर इसका व्वथनांक व्वढ जाता है और घटने से घट जाता है। निम्नलिखित प्रयोग से इसे देखा जा सकता है—

**प्रयोग—**काँच के एक फ्लास्क में थोड़ा पानी डालकर उसे उबालिए। थोड़ी देर तक उबलते रहने पर वह भाप से भर जाएगा और उसमें से कुल हवा बाहर निकल जाएगी। अब फ्लास्क के मुँह को कसकर डाट में बंद कर दीजिए और उसे आग पर से हटा लीजिए। आग पर से हटा लेने के बाद जब पानी का उबलना बंद हो जाए, तब फ्लास्क को उलटा करके एक स्टैंड में कम दीजिए और उसपर थोड़ा पानी डालिए। देखिएगा कि फ्लास्क के अंदर का पानी फिर से उबलने लगा है। उबलना बंद होने के बाद फिर थोड़ा पानी डालने से फ्लास्क के अंदर का पानी फिर उबलने लगेगा।

ऐसा इसलिए होता है कि ऊपर से पानी डालने से फ्लास्क थोड़ा ठंडा हो जाता है और उसके अंदर की भाप भी थोड़ी ठंडी होकर अशतः संघनित हो जाती है। जिसके कारण फ्लास्क के अंदर पानी के ऊपर का दाव कम हो जाता और पानी फिर से उबलने लगता है। इससे प्रमाणित हो जाता है कि कम दाव पर पानी कम तापमान पर उबलता है।

दाव के अलावा पानी में अशुद्धियाँ मिली हुई होने से उसके व्वथनांक में हिर-फेर होता है। पानी में नमक मिला देने से उसका व्वथनांक व्वढ जाता है। अंडे आदि उबालते समय पानी में नमक मिला देने से वे जल्दी उबलकर तैयार हो जाते हैं।

### दाव कुकर (Pressure cooker)

ऊष्मा के प्रभाव से पानी का तापमान व्वथनांक तक व्वढ जाने के बाद, ऊष्मा प्राप्त करते रहने पर भी उसके तापमान में व्वृद्धि नहीं होती। लेकिन दाव व्वढने पर पानी का व्वथनांक व्वढ जाता है और पानी के तापमान में भी व्वृद्धि हो जाती है। अधिक तापमान पर खाना जल्दी पकता है। इसी सिद्धांत पर दाव कुकर काम करता है।

दाब कुकर खाना बनाने की एक ऐसी डेगची होती है, जिसके अंदर काफी दाब पैदा करके जल्दी-जल्दी खाना सिझाया जा सकता है। साधारणतः दाब कुकर विशेष प्रकार के मजबूत ऐल्यूमिनियम से बनता है। इसके ढक्कन में एक रबर का गार्केट (gasket) लगा होता है, जिसकी सहायता से ढक्कन इतनी मजबूती से लग जाता है कि अंदर से भाप बाहर नहीं निकल पाती है। ढक्कन पर एक भाप निकलने की नली और एक सुरक्षा वाल्व (safety valve) लगे हुए होते हैं।

दाब कुकर में खाना पकाने के लिए पहले उसमें उचित मात्रा में पानी और पकाने के लिए चीजे डाल दी जाती हैं और ढक्कन को बंद कर दिया जाता है। कुछ देर में ढक्कन के ऊपर लगी हुई भाप-नली से तेजी से भाप निकलने लगती है। इस प्रकार से डेगची वायुशून्य हो जाने पर भाप-नली पर दाब रखकर भाप निकलने के रास्ते को बंद कर दिया जाता है। इस प्रकार डेगची के अंदर भाप का दाब बढ़ जाता है और साथ ही पानी का क्वथनांक भी। साधारणतः दाब कुकर में ७ मिनट के अंदर भात, दाल, आलू आदि तथा १०-१२ मिनट के अंदर मांस सीझ जाता है। कुछ कुकरो में दाब पहले से लगा रहता है।

खाना पक जाने के बाद दाब कुकर के ठंडा होने पर तथा उसके अंदर का दाब घट जाने के बाद ही उसे खोलना चाहिए। ठंडा करने के लिए उस पर पानी डाला जा सकता है।

दाब कुकर में सुरक्षा-वाल्व इसलिए लगा रहता है कि कहीं दाब अत्यधिक बढ़कर दुर्घटना न हो जाए।

### हिमकारी मिश्रण (Freezing mixture)

ऊष्मा कम होने से वस्तु का तापमान भी कम हो जाता है। द्रव पदार्थों का तापमान घटने से वे जमकर ठोस बन जाते हैं। हम देख चुके हैं कि पानी  $0^{\circ}\text{C}$  या  $32^{\circ}\text{F}$  तापमान पर जमकर बरफ बन जाता है। लेकिन सभी द्रव पदार्थ एक ही तापमान पर जमकर ठोस नहीं बनते। बहुत-से द्रव  $0^{\circ}\text{C}$  या  $32^{\circ}\text{F}$  से भी कम तापमान पर जमकर ठोस बनते हैं। दूध जमाकर

कुलफी; आइसक्रीम आदि बनाने के लिए  $0^{\circ}\text{C}$  से कम तापमान की आवश्यकता होती है। साधारणतः लगभग  $- 5^{\circ}\text{C}$  या  $23^{\circ}\text{F}$  तापमान पर दूध जमता है।

$0^{\circ}\text{C}$  या  $32^{\circ}\text{F}$  से कम तापमान पाने के लिए हिमकारी मिश्रण बनाया जाता है ; अर्थात् जिस मिश्रण के बनाने से मिश्रित पदार्थ का तापमान जल के हिमांक से कम हो जाता है, उसे हिमकारी मिश्रण कहते हैं।

तीन भाग बरफ में एक भाग नमक मिलाकर साधारण हिमकारी मिश्रण बनाया जाता है। इससे मिश्रित पदार्थ का तापमान  $- 22^{\circ}\text{C}$  या  $- 7.6^{\circ}\text{F}$  तक उतर जाता है। तीन भाग बरफ में एक भाग से अधिक मात्रा में नमक मिलाने से तापमान उसी अनुपात से जल्दी-जल्दी घट जाता है। लेकिन तापमान लगभग  $- 22^{\circ}\text{C}$  या  $- 7.6^{\circ}\text{F}$  से नीचे नहीं जाता है।

अच्छी कुलफी या आइसक्रीम बनाने के लिए ६ भाग बरफ में एक भाग नमक मिलाना चाहिए। ताकि तापमान धीरे-धीरे घटे और साथ ही आइसक्रीम भी धीरे-धीरे जमे। क्योंकि जल्दी-जल्दी तापमान घटने से दूध भी जल्दी-जल्दी जमेगा और उसके अंदर बरफ के कड़े दाने जम जाएंगे। ऐसे कड़े दानों का बनना रोकने के लिए दूध को विलोडित रखा जाता है।

### तापस्थापी (Thermostat)

बहुत ऐसे काम हैं जिनमें तापमान एक निश्चित बिंदु पर स्थिर रखने की आवश्यकता पड़ती है। घरों में रेफ्रिजरेटर, वैद्युतिक इस्तिरी आदि में तापमान को नियंत्रित करने की आवश्यकता पड़ती है। तापमान को एक निश्चित बिंदु पर स्थिर रखने के साधन को तापस्थापी कहते हैं।

साधारणतः इसमें एक द्विधातुक पत्तर होता है जो तापमान में परिवर्तन के साथ-साथ मुड़ता या सीधा होता रहता है और इस क्रिया में बिजली के सर्किट को चालू या बंद कर देता है। इसके चलते तापमान न बढ़ पाता है और न घट पाता है।

कितने तापमान पर तापस्थापी काम करेगा उसे तापमान निर्देशक को घुमाकर निश्चित कर दिया जाता है। तापमान-निर्देशक, द्विधातुक पत्तर पर दाब को घटा-बढ़ाकर, उसके काम को नियंत्रित करता है।

## कैलोरीमिति

हम देख चुके हैं कि ऊष्मा और तापमान एक नहीं हैं। तापमान मापने के मातृक को डिग्री कहते हैं और तापमापी-यंत्र या थर्मामीटर की सहायता से उसे मापा जाता है। ऊष्मा का परिमाण मापने के मातृक को कैलोरी (calorie) और मापने की विधि को कैलोरीमिति (Calorimetry) कहते हैं।

एक ग्राम पानी को एक डिग्री से० ग्रे० गरम करने के लिए जितनी ऊष्मा की आवश्यकता होती है, उसे 'एक कैलोरी ऊष्मा' कहा जाता है। इस प्रकार दो ग्राम पानी को एक डिग्री से० ग्रे० गरम करने के लिए  $2 \times 1 = 2$  कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होगी। १० ग्राम पानी को अगर  $20^{\circ}$  से० ग्रे० गरम करना पड़े तो  $10 \times 20 = 200$  कैलोरी ऊष्मा लगेगी।

ऊष्मा का बड़ा परिमाण मापने के लिए बृहत् कैलोरी (major calorie) या किलो कैलोरी को मातृक माना जाता है। एक किलो पानी को एक डिग्री से० ग्रे० गरम करने के लिए आवश्यक ऊष्मा के परिमाण को बृहत् कैलोरी या किलो-कैलोरी कहते हैं; अर्थात् एक बृहत् कैलोरी १००० कैलोरी के बराबर होती है।

कैलोरी के अलावा एक और मातृक भी ऊष्मा का परिमाण मापने के लिए इस्तेमाल होता है। इसे ब्रिटिश थर्मल यूनिट (B. T. U.) कहते हैं। एक पाउंड पानी के तापमान को एक डिग्री फा० बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा एक ब्रिटिश थर्मल यूनिट है। एक B. T. U. = 252 कैलोरी है।

यथार्थ में एक ग्राम पानी के तापमान को  $18.5^{\circ}\text{C}$  से  $15.5^{\circ}\text{C}$  तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा के परिमाण को एक कैलोरी ऊष्मा कहते हैं। क्योंकि भिन्न तापमानों पर एक ग्राम पानी के तापमान को, एक डिग्री से० बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा के परिमाण में सूक्ष्म अंतर होता रहता

है। लेकिन यह अंतर बहुत ही कम है और इसलिए आमतौर से  $0^{\circ}\text{C}$  से  $100^{\circ}\text{C}$  तक किसी भी तापमान पर एक ग्राम पानी के तापमान को एक डिग्री बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा को 'एक कैलोरी ऊष्मा' कहा जाता है।

इसी प्रकार ब्रिटिश थर्मल यूनिट एक पाँड पानी के तापमान को  $63^{\circ}\text{F}$  से  $64^{\circ}\text{F}$  तक बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा का परिमाण है। इसमें भी व्यवहार में  $32^{\circ}\text{F}$  से  $212^{\circ}\text{F}$  तक तापमान के अंदर किसी भी तापमान पर एक पाँड पानी का तापमान एक डिग्री  $\text{F}$  बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा को एक बी० टी० यू० मान लिया जाता है।

कैलोरी और बी० टी० यू० में संबंध

एक पाँड ४५४ ग्राम के समान होता है और एक डिग्री  $\text{F}$   $\frac{5}{9}$  डिग्री  $\text{C}$  के।

$$\therefore 1 \text{ बी० टी० यू०} = 454 \times \frac{5}{9} \text{ कैलोरी} \\ = 252 \text{ कैलोरी (लगभग)}$$

### विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat)

समान द्रव्यमान की विभिन्न वस्तुओं को समान मात्रा में ऊष्मा देने से उन सबका तापमान एक समान नहीं होता है; अर्थात् अगर एक-एक ग्राम पानी, लोहा, सोना तथा चाँदी को एक-एक कैलोरी ऊष्मा दी जाए तो सबके तापमान की वृद्धि समान नहीं होगी। जितनी ऊष्मा में एक ग्राम पारा  $30^{\circ}\text{C}$  से  $0^{\circ}\text{C}$  गरम होगा, उतनी ही ऊष्मा से एक ग्राम चाँदी  $20^{\circ}\text{C}$  तथा एक ग्राम ताँबा  $10^{\circ}\text{C}$  से  $0^{\circ}\text{C}$  गरम होगा। इस प्रकार समान द्रव्यमान की विभिन्न वस्तुओं के तापमान की समान वृद्धि के लिए ऊष्मा के विभिन्न परिमाणों की आवश्यकता होगी।

एक ग्राम वस्तु के तापमान को एक डिग्री सें० बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा के परिमाण को उस वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा कहा जाता है। इसी प्रकार एक पाँड वस्तु के तापमान को एक डिग्री  $\text{F}$  बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा को ब्रिटिश थर्मल यूनिट के अनुसार उस वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा कहा जाता है। वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा एक संख्या द्वारा

प्रकट की जाती है। कुछ नित्य प्रयोजनीय वस्तुओं की विशिष्ट ऊष्माएँ इस प्रकार हैं :—

द्रव्य	विशिष्ट ऊष्मा (कैलोरी प्रति ग्राम प्रति डिग्री c)
पानी	१.०
ऐल्यूमीनियम	०.२१५
ताँवा	०.०६५
लोहा	०.१२
चाँदी	०.०५६
टंगस्टन	०.०३२
शीशा	०.०३
काँच	०.१९
पारा	०.०३

इसके अनुसार ताँवे की विशिष्ट ऊष्मा ०.०९५ कैलोरी प्र० ग्रा० प्र०  $^{\circ}\text{C}$  है। इसलिए एक ग्राम ताँवे के तापमान को एक डिग्री c बढ़ाने के लिए ०.०९५ कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होगी।

**मौसम पर जल की उच्च विशिष्ट ऊष्मा का प्रभाव**

जल की विशिष्ट ऊष्मा मिट्टी, पत्थर, बालू, कंकड़ इत्यादि की विशिष्ट ऊष्मा का पाँच गुना है। जितनी ऊष्मा प्राप्त करके एक किलो पानी का तापमान केवल  $1^{\circ}\text{C}$  बढ़ेगा उतनी ही ऊष्मा से एक किलो मिट्टी का तापमान  $5^{\circ}\text{C}$  बढ़ जायगा। और जितनी ऊष्मा त्यागने से एक किलो जल का तापमान  $1^{\circ}\text{C}$  कम हो जायगा उतनी ही ऊष्मा त्यागने से मिट्टी का तापमान  $5^{\circ}\text{C}$  घट जायगा। यही कारण है कि भू-पृष्ठ का स्थल भाग दिन में सूर्य की ऊष्मा से बहुत तप जाता है और जलीय भाग बहुत कम तपता है। रात में स्थल भाग जितना ठंडा हो जाता है, जलीय भाग उतना नहीं। यही कारण है कि बड़े जलाशयों, झीलों और समुद्रों के निकट दिन और रात के तापमान का अंतर न्यून होता है और वहाँ का मौसम समशीतोष्ण (temperate) होता है तथा समुद्र और जलाशयों से दूर शुष्क प्रांतों का मौसम चरम (extreme) होता है, यानी दिन में बहुत गर्मी पड़ती है और रात में बहुत ठंडक।



जल की उच्च विशिष्ट ऊष्मा के कारण ही समुद्र, झील और बड़ी-बड़ी नदियों के तट पर थल-समीर (land breeze) और समुद्र-समीर (sea breeze) बहते रहते हैं। दिन में जलीय भाग की तुलना में थल-भाग अत्यधिक तप्त हो जाता है। थल के ऊपर की वायु तप्त होकर ऊपर उठती है और इससे उत्पन्न रिक्त स्थान को भरने के लिए जलीय भाग के ऊपर की वायु थल-भाग की ओर प्रवाहित होती रहती है। वायु के इस प्रवाह को समुद्र-समीर (sea breeze) कहते हैं। रात में थल की तुलना में जलीय भाग तप्त रहता है। जल के ऊपर की वायु तप्त होकर ऊपर उठती रहती है और इस क्रिया से उत्पन्न रिक्त स्थान को भरने के लिए थल की ओर से जल की ओर वायु का प्रवाह होता रहता है। वायु के इस प्रवाह को थल-समीर (land breeze) कहते हैं।

**तापमान में परिवर्तन के लिए आवश्यक ऊष्मा**

किसी वस्तु के एक निर्दिष्ट द्रव्यमान के तापमान में परिवर्तन लाने के लिए आवश्यक ऊष्मा का परिमाण, उस वस्तु के द्रव्यमान, उसकी विशिष्ट ऊष्मा तथा उसके तापमान में परिवर्तन की मात्रा (डिग्री में) पर निर्भर करता है। अगर वस्तु का द्रव्यमान  $M$  हो, उसकी विशिष्ट ऊष्मा  $S$  हो, उसके तापमान में परिवर्तन  $T$  डिग्री हो और परिवर्तन के लिए आवश्यक ऊष्मा को  $H$  माना जाय तो

$$H = MST \text{ होगा।}$$

उदाहरण के लिए १०० ग्राम लोहे के तापमान को  $50^{\circ}\text{C}$  से  $60^{\circ}\text{C}$  करने के लिए आवश्यक ऊष्मा का परिमाण—

$$H = 100 \times 0.12 \text{ (लोहे की वि० ऊ०)} \times (60 - 50)$$

$$= 12 \times 10$$

$$= 120 \text{ कैलोरी}$$

**अवस्था-परिवर्तन और ऊष्मा**

ऊष्मा के अवशोषण या उत्सर्जन से वस्तु के तापमान में परिवर्तन होता है। लेकिन कुछ विशेष अवस्थाओं में ऐसा नहीं होता। बरफ में  $0^{\circ}\text{C}$  तापमान पर ऊष्मा के अवशोषण से बरफ के तापमान में वृद्धि नहीं होती है।

उसका तापमान तो स्थिर रहता है ; किंतु ऊष्मा के अवशोषण से बरफ गलने लगती है और जब तक समस्त बरफ गलकर पानी न बन जाती है तब तक ऊष्मा अवशोषित करते रहने पर भी उसका तापमान  $0^{\circ}\text{C}$  पर ही स्थिर रहता है । समस्त बरफ गल जाने के बाद ही ऊष्मा के अवशोषण से पानी का तापमान बढ़ने लगता है और  $100^{\circ}\text{C}$  (या  $212^{\circ}\text{F}$ ) तापमान पर पहुँचने तक बढ़ता रहता है । किंतु तापमान  $100^{\circ}\text{C}$  अर्थात् क्वथनांक पर पहुँच जाने के बाद उसके तापमान का बढ़ना रुक जाता है और अवशोषित ऊष्मा से पानी भाप बनने लगता है । जब तक समस्त पानी भाप नहीं बन जाता है तब तक ऊष्मा के अवशोषण के बावजूद उसका तापमान स्थिर रहता है । समस्त पानी भाप बन जाने के बाद ही अवशोषित ऊष्मा से भाप का तापमान बढ़ने लगता है ।

ऊष्मा त्यागते समय भी ऐसा ही होता है । ऊष्मा का त्याग करते हुए पानी का तापमान घटते-घटते  $0^{\circ}\text{C}$  या  $32^{\circ}\text{F}$  पर आकर तब तक स्थिर रहता है जब तक समस्त पानी बरफ न बन जाए । समस्त पानी बरफ बन जाने के बाद ही ऊष्मा के त्यागने से बरफ का तापमान घटने लगता है । अवस्था-परिवर्तन के समय ऊष्मा से तापमान में परिवर्तन नहीं होने का कारण यह है कि वह ऊष्मा द्रव्य के अवस्था-परिवर्तन में खर्च हो जाती है ।

ठोस से द्रव में या द्रव से ठोस में अवस्था-परिवर्तन के लिए लगी हुई ऊष्मा को गलन की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of fusion) तथा द्रव से गैस या गैस से द्रव में अवस्था-परिवर्तन के लिए लगी ऊष्मा को वाष्पन की गुप्त ऊष्मा (Latent heat of vaporization) कहते हैं । दूसरे शब्दों में, एक स्थिर तापमान पर किसी वस्तु के एक इकाई द्रव्यमान को, ठोस से द्रव अवस्था में लाने के लिए आवश्यक ऊष्मा के परिमाण को गलन की गुप्त ऊष्मा तथा एक स्थिर तापमान पर, किसी वस्तु के एक इकाई द्रव्यमान को, द्रव से गैस में परिवर्तित करने के लिए आवश्यक ऊष्मा के परिमाण को वाष्पन की गुप्त ऊष्मा कहा जाता है । पानी के वाष्पन की गुप्त ऊष्मा ५३६ कैलोरी प्रति ग्राम या ६७० बी० टी० यू० प्रति पौंड है । पानी के गलन की गुप्त ऊष्मा ८० कैलोरी प्रति ग्राम या १४४ बी० टी० यू० प्रति पौंड है । अवस्था-परिवर्तन

के लिए आवश्यक कुल ऊष्मा का परिमाण वस्तु के द्रव्यमान और उसकी गुप्त ऊष्मा पर निर्भर करता है। इस प्रकार  $100$  ग्राम पानी का  $100^{\circ}\text{C}$  पर वाष्पन के लिए कुल  $100 \times 539 = 53900$  कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है।

### मनुष्य-शरीर और ऊष्मा

प्रत्येक जीव, चाहे वह अति क्षुद्र तथा निम्न कोटि का हो अथवा वह बहुत बड़ा तथा उच्च श्रेणी का हो, जब तक जीवित है, प्रतिक्षण कुछ-न-कुछ कार्य करता ही रहता है। निद्रित अवस्था में जब उसके बाहरी अंग-प्रत्यंग अक्रिय पड़े रहते हैं, उस समय भी उसके शरीर के कुछ अंतरांग, जैसे फेफड़े, हृदय आदि क्रियाशील रहते हैं। अन्य सब जीवों की तरह मनुष्य के लिए भी यह बात सही है। किसी भी प्रकार के जीवन-कार्य के लिए शरीर को ऊर्जा की आवश्यकता होती है। शरीर में यह ऊर्जा ऊष्मा के रूप में होती है।

एक पूर्ण वयस्क आदमी अगर कोई काम न करके केवल लेटा रहे तो भी उसके जिंदा रहने के लिए—अपनी जीवन-क्रियाओं को चलाते रहने के लिए—प्रतिदिन  $1600$  कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होगी। साधारण काम करनेवाले प्रत्येक वयस्क व्यक्ति को प्रतिदिन  $3400$  कैलोरी ऊष्मा, कठिन श्रम करनेवाले को  $4000$  कैलोरी ऊष्मा,  $14$  से  $15$  साल तक के बालक को  $3000$  कैलोरी ऊष्मा, इस उम्र की बालिका को  $2500$  कैलोरी ऊष्मा,  $7$  से  $14$  साल तक आयु के बालक-बालिकाओं को  $2500$  कैलोरी ऊष्मा और एक साल के बच्चे को  $500$  कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता पड़ती है।

मनुष्य को यह ऊष्मा भोजन से मिलती है। उचित मात्रा में संतुलित भोजन, मनुष्य के शरीर को आवश्यक ऊष्मा पहुँचाता है, जिससे मनुष्य को अपनी जीवन-क्रियाओं के साथ-साथ अन्य कार्यों को करने के लिए ऊर्जा मिलती है। उचित मात्रा में भोजन न मिलने से शरीर को आवश्यक ऊष्मा भी नहीं मिल पाती है। ऐसी अवस्था में शरीर के होनेवाले क्षय की क्षति-पूर्ति नहीं हो पाती है और मनुष्य न तो मेहनत ही कर सकता है और न अधिक दिन तक जिंदा ही रह सकता है।

## ऊष्मा और कार्य

सन् १८४३ मे जूल (Joule) नाम के वैज्ञानिक ने सर्वप्रथम प्रयोग द्वारा यह प्रमाणित किया कि जब भी यांत्रिक ऊर्जा का रूपांतरण ऊष्मा मे होता है तो इस रूपांतरण से उत्पन्न ऊष्मा रूपांतरित यांत्रिक ऊर्जा का अनुक्रमा-नुपाती होता है। यानी यांत्रिक ऊर्जा या यांत्रिक कार्य का एक निश्चित परिमाण  $W$ ; ऊष्मा के निश्चित परिमाण  $H$  कैलोरी के तुल्य होता है। ऊष्मा का यांत्रिक तुल्याक ( Mechanical equivalent of heat ), एक स्थिराक है और उसे साधारणतः  $J$  अक्षर द्वारा प्रकट किया जाता है। इस प्रकार :

$$W = JH \text{ होता है।}$$

ऊष्मा का एक मात्रक उत्पन्न करने के लिए जितने कार्य की आवश्यकता होती है, उसे 'ऊष्मा का यांत्रिक तुल्याक' कहा जाता है।

इस हिसाब से हम पाते है कि ७७८ पाँड वजन को एक फुट ऊँचा उठाने के लिए आवश्यक यांत्रिक कार्य एक बी० टी० यू० ऊष्मा के तथा ४२००० ग्राम वजन को एक से० मी० ऊँचा उठाने के लिए आवश्यक यांत्रिक कार्य एक कैलोरी ऊष्मा के समान है। अतः  $J = ७७८$  फुट पाँड प्रति बी० टी० यू० या ४२००० ग्राम से० मी० प्रति कैलोरी।

जूल के पहले ही वैज्ञानिको ने यह प्रमाणित किया था कि यांत्रिक ऊर्जा या यांत्रिक कार्य का रूपांतरण ऊष्मा मे हो सकता है। अतः ऊष्मा भी ऊर्जा का एक रूप है। दो वस्तुओं के घर्षण से ऊष्मा उत्पन्न होती है। पत्थर की चक्की पर लोहे के औजार को पिजाते समय दोनों के घर्षण मे इतनी ऊष्मा उत्पन्न होती है कि औजार के कण लहलहाती चिनगारियाँ बनकर छिटकने लगती है।

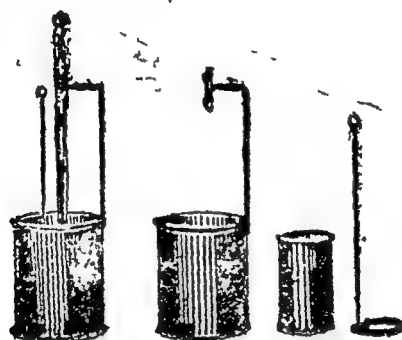
## ऊष्मा-धारिता (Thermal Capacity)

वस्तु की ऊष्मा-धारिता उसके द्रव्यमान और उसकी विशिष्ट ऊष्मा पर निर्भर करती है। किसी वस्तु के एक निर्दिष्ट द्रव्यमान की ऊष्मा-धारिता, ऊष्मा का वह परिमाण है, जो उस वस्तु को  $1^{\circ}\text{C}$  से बढ़ा देता है।

∴ ऊष्मा-धारिता = वस्तु का द्रव्यमान  $\times$  वि० ऊष्मा

## कैलोरीमीटर

ऊष्मा मापने के लिए कैलोरीमीटर एक सरल यंत्र है। साधारण कैलोरीमीटर में, साधारणतः ताँवा-निर्मित एक बाहरी तथा एक भीतरी पात्र होते हैं। भीतरी पात्र में निश्चित परिमाण में पानी डाल दिया जाता है तथा उसका तापमान देख लिया जाता है। अब इस पानी द्वारा ऊष्मा-ग्रहण



[ चित्र ६६—कैलोरीमीटर ]

या ऊष्मा-त्याग को, पानी के तापमान में परिवर्तन को देखकर, निश्चित किया जा सकता है। कैलोरीमीटर के साथ एक विलोडक (stirrer) रहता है। इसे हिला-डुलाकर सारे पात्र में ऊष्मा का वितरण किया जाता है।

कैलोरीमीटर द्वारा ऊष्मा मापने का सिद्धांत यह है कि यदि कैलोरीमीटर से कुछ भी ऊष्मा बाहर न निकले और न बाहर की कुछ भी ऊष्मा कैलोरीमीटर में प्रवेश करे तो जब कैलोरीमीटर के अंदर गरम और ठंडी वस्तुओं को मिलाया जाता है और जब मिश्रण का तापमान एक समान हो जाता है तब गरम वस्तु द्वारा त्यक्त ऊष्मा = ठंडी वस्तु द्वारा प्राप्त ऊष्मा।

## कैलोरीमीटर द्वारा विशिष्ट ऊष्मा की माप

अगर किसी ठोस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा मापनी है, तो उसके एक टुकड़े को लेकर तैल लिया जाता है। फिर उसे उबलते हुए पानी की भाप में डालकर उच्चतम तापमान तक पहुँचाया जाता है। कैलोरीमीटर को भी विलोडक-समेत तैल लिया जाता है तथा उसको लगभग आधे भाग तक पानी से भर दिया जाता है और फिर तैल लिया जाता है। इस प्रकार

कैलोरीमीटर में डाले गये पानी का द्रव्यमान मालूम हो जाता है। साथ ही थर्मामीटर द्वारा उस पानी का तापमान पढ़ लिया जाता है।

इसके बाद गरम वस्तु को कैलोरीमीटर में डाल दिया जाता है और विलोडक से पानी को चलाया जाता है। इसके बाद फिर पानी का महत्तम तापमान पढ़ लिया जाता है। फिर निम्नलिखित विधि से परिकलन करके वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा निर्धारित की जाती है :—

मान लिया जाए कि :—

$$\text{कैलोरीमीटर और विलोडक का द्रव्यमान} = W \text{ ग्राम}$$

$$\text{कैलोरीमीटर, विलोडक और पानी का द्रव्यमान} = W_1 \text{ ग्राम}$$

$$\therefore \text{केवल पानी का द्रव्यमान} = W_1 - W \text{ ग्राम}$$

$$\text{वस्तु के टुकड़े का द्रव्यमान} = W_2 \text{ ग्राम}$$

$$\text{ठंडे पानी का तापमान} = T_1^{\circ}\text{C}$$

$$\text{डाली गई वस्तु का तापमान} = T_2^{\circ}\text{C}$$

$$\text{गरम वस्तु डालने के बाद पानी का उच्चतम तापमान} = T_3^{\circ}\text{C}$$

$$\text{कैलोरीमीटर की धातु की विशिष्ट ऊष्मा} = S_1$$

$$\text{वस्तु की वि० ऊष्मा, जो निकालना है} = S$$

हम जानते हैं कि गरम वस्तु द्वारा त्यक्त ऊष्मा, ठंडी वस्तु द्वारा ग्रहण की गई ऊष्मा के समान होती है। इसलिए—

$$\begin{aligned} \text{वस्तु के टुकड़े द्वारा त्याग की गई ऊष्मा} &= W_2 \times S \times (T_2 - T_3) \\ \text{कैलोरी। विलोडक समेत कैलोरीमीटर और पानी द्वारा प्राप्त ऊष्मा} &= \\ & W \times S_1 \times (T_3 - T_1) + (W_1 - W) \times (T_3 - T_1) \\ \therefore W_2 \times S (T_2 - T_3) &= W \times S_1 \times (T_3 - T_1) + (W_1 - W) \times (T_3 - T_1) \end{aligned}$$

$$\therefore S = \frac{WS_1(T_3 - T_1) + (W_1 - W)(T_3 - T_1)}{W_2(T_2 - T_3)}$$

इस समीकरण में हमें  $W$ ;  $S_1$ ,  $T_2$ ;  $T_1$ ;  $W_1$ ,  $W_2$  सभी मालूम है। अतः हम आसानी से वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा  $S$  का परिकलन कर सकते हैं।

द्रव की विशिष्ट ऊष्मा भी इसी विधि से निकाली जा सकती है। द्रव की विशिष्ट ऊष्मा निकालने के लिए एक ऐसे ठोस पदार्थ का टुकड़ा इस्तेमाल किया जाता है, जो उस द्रव में नहीं घुलता हो तथा जिसकी विशिष्ट ऊष्मा मालूम हो। ऐसे ठोस पदार्थ के टुकड़े को तौल कर पानी की भाप में उच्चतम तापमान तक गरम किया जाता है। कैलोरी-मीटर को भी पहले तौल लिया जाता है और फिर उसमें द्रव को डालकर तौला जाता है तथा उसका तापमान देख लिया जाता है। इसके बाद गरम ठोस पदार्थ को द्रव में डाल दिया जाता है और उसे विलोडक से चलाया जाता है। इसके बाद फिर द्रव का उच्चतम तापमान पढ़ लिया जाता है।

मान लिया जाए कि :—

$$\text{कैलोरीमीटर और विलोडक का द्रव्यमान} = W \quad \text{ग्राम}$$

$$\text{कैलोरीमीटर, विलोडक तथा द्रव का द्रव्यमान} = W_1 \quad ,$$

$$\therefore \text{केवल द्रव का द्रव्यमान} = W_1 - W ;$$

$$\text{ठोस वस्तु के टुकड़े का द्रव्यमान} = W_2 \quad ;$$

$$\text{ठंडे द्रव का तापमान} = T^\circ \text{C}$$

$$\text{गरम करने के बाद ठोस का तापमान} = T_1^\circ \text{C}$$

$$\text{गरम वस्तु मिलाने के बाद द्रव का तापमान} = T_2^\circ \text{C}$$

$$\text{कैलोरीमीटर की विशिष्ट ऊष्मा} = S_1$$

$$\text{ठोस वस्तु की विशिष्ट ऊष्मा} = S_2$$

$$\text{द्रव की वि० ऊष्मा, जो निकालनी है} = S$$

$$\text{व्यक्त ऊष्मा} = \text{प्राप्त ऊष्मा}$$

—इसलिए—

ठोस पदार्थ के टुकड़े द्वारा त्यक्त ऊष्मा =  $W_2 S_2 \times (T_1 - T_2)$   
कैलोरी

विलोडक-समेत कैलोरीमीटर और पानी द्वारा प्राप्त ऊष्मा =  
 $W \times S_1 \times (T_2 - T) + (W_1 - W) \times S \times (T_2 - T)$

$$\therefore W_2 \times S_2 \times (T_1 - T_2) = W \times S_1 \times (T_2 - T) + (W_1 - W) \times S \times (T_2 - T)$$

$$\therefore S = \frac{W_2 S_2 (T_1 - T_2) - W S_1 (T_2 - T)}{(W_1 - W) (T_2 - T)}$$

इस समीकरण में हमें  $W_2, S_2, T_1, T_2, W, S_1, T$  सभी मालूम है। अतः हम आसानी से द्रव की विशिष्ट ऊष्मा  $S$  मालूम कर सकते हैं।



## ऊष्मा-संचरण

### ( Transmission of heat )

हम देख चुके हैं कि दो वस्तुओं के तापमान में अंतर होने से एक से दूसरे में ऊष्मा संचारित होती है। इसे ऊष्मा-संचरण कहते हैं। ऊष्मा-संचरण तीन प्रकार से होते हैं—

१. संवहन या चालन (conduction), २ संनयन (convection) तथा ३. विकिरण (radiation)।

#### संवहन (Conduction)

अगर एक धातु-निर्मित छड़ का एक सिरा आग में डाला जाए और दूसरा सिरा हाथ से पकड़ कर रखा जाए तो देखा जाएगा कि पहले आग के पास वाला सिरा, फिर दूरवाला सिरा धीरे-धीरे गरम हो रहा है और कुछ ही देर में हाथवाला सिरा इतना गरम हो जाता है कि हाथ जलने लगता है। छड़ का जो अंश आग के जितना पास होगा वह उतना ही अधिक गरम होगा। ऊष्मा धीरे-धीरे छड़ के उस अंश से, जो आग के पास है, दूसरे अंश तक जाती रहती है।

ऊष्मा ऊर्जा का एक रूप है। पदार्थ की ऊष्मा उसके अणुओं की गतिज ऊर्जा के रूप में वर्तमान रहती है। ऊष्मा पाकर पदार्थ के अणुओं (molecules) का कंपन तीव्रतर हो जाता है और एक के स्पर्श से दूसरे का कंपन तीव्रतर होता जाता है। इस प्रकार से ऊष्मा ऊर्जा अणुओं के कपन द्वारा एक सिरे से दूसरे सिरे तक संचारित होती है। पर ये अणु अपने स्थान नहीं छोड़ते हैं बल्कि अपने ही स्थान के ईर्द-गिर्द डोलते रहते हैं। इस कंपन को आँखों द्वारा देखा नहीं जा सकता है। इस प्रकार से ऊष्मा के संचरण को संवहन या चालन कहते हैं।

जिन पदार्थों में ऊष्मा सुगमता से चल सकती है उन्हें सुचालक (good conductor) पदार्थ कहते हैं और जिन पदार्थों में ऊष्मा आसानी से चल नहीं सकती उन्हें कुचालक (bad conductor) कहते हैं। यदि हम लोहे की

छड़ के बदले लकड़ी की छड़ लेकर उसका एक सिरा आग में डाले तो वह सिरा तप्त होकर जलने लगेगा तब भी हाथ वाला सिरा इतना गर्म नहीं होगा कि हम उसे पकड़े नहीं रह सकें। इस प्रकार हम देखते हैं कि धातु सुचालक पदार्थ है; किंतु लकड़ी, रेशम, ऊन, अभ्रक आदि कुचालक पदार्थ हैं। वायु तथा पानी भी कुचालक पदार्थ हैं। जब धातु-निर्मित पात्र बहुत गरम हो जाता है तब भी उसके काठ का हत्था उतना अधिक गरम नहीं होता, क्योंकि काठ में ऊष्मा आसानी से चल नहीं पाती है। यही कारण है कि ऊनी कपड़ा गरम रहता है और इसी कारण से बरफ को बाहरी ऊष्मा पहुँच कर गलाने से रोकने के लिए उसे ऊनी कंबल से ढक दिया जाता है। कुचालक होने के कारण ऊन शरीर की ऊष्मा को संचालित करके बाहर जाने नहीं देता है और इससे शरीर गरम रहता है। इसी प्रकार ऊनी कंबल, लकड़ी के बुरादे आदि से ढके रहने से बरफ देर तक नहीं गलती है, क्योंकि ऊन या लकड़ी का बुरादा कुचालक होने के कारण बाहर की ऊष्मा को आसानी से बरफ तक पहुँचने नहीं देता है और इससे बरफ जल्दी नहीं गलती है।

जाड़े के दिनों में सुचालक वस्तु छूने से ठंडी मालूम होती है, क्योंकि वह हमारे शरीर से ऊष्मा को फौरन दूर तक संचारित कर देती है। पर कुचालक वस्तु को छूने पर ऐसा नहीं मालूम होता है, क्योंकि वह हमारे शरीर की ऊष्मा को जल्दी-जल्दी दूर तक संचारित नहीं कर पाती है।

तार की जाली (wire gauze) सुचालक वस्तु है। अगर इसे जलते हुए गैस के ऊपर रखा जाए तो जाली के ऊपर गैस नहीं जलेगा। कारण यह है कि जाली जलते हुए गैस की ऊष्मा को इतनी जल्दी चारों ओर संचारित कर देती है कि जाली के ऊपर आनेवाले गैस को इतनी ऊष्मा नहीं मिलती कि वह जलने लगे।

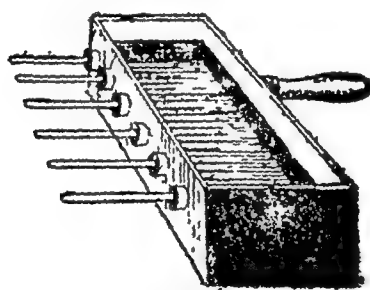
इस प्रकार अगर गैस-वर्नर पर जाली रखकर उसके ऊपर आग लगा दी जाए तो गैस केवल जाली के ऊपर ही जलता रहेगा, नीचे नहीं।

खानों में इस्तेमाल होनेवाला डेवी का निरापद दीप (Davy's safety lamp) इसी सिद्धांत के आधार पर बनाया जाता है। इस दीप को चारों ओर तार की जाली द्वारा घेर दिया जाता है। जिस खान में ऐसे गैस मौजूद हों, जो आग से जल उठ सकते हों, वहाँ साधारण दीप से उन

गैसों में आग लग जाएगी और भयंकर विस्फोट होगा । पर डेवी के निरापद दीप से यह खतरा नहीं रहता है, क्योंकि जो गैस बत्ती में घुस जाता है वह वही अंदर जलता रहता है और जाली द्वारा ऊष्मा इतनी शीघ्रता से चारों ओर संचारित हो जाती है कि बाहर के गैस को इतनी ऊष्मा नहीं मिलती कि वह जलने लगे ।

सुचालक पदार्थों की चालकता की तुलना ईनजेनहौज (Ingenhaus) के प्रयोग से प्रदर्शित की जा सकती है ।

प्रयोग—एक लंबा पात्र लीजिए जिसकी एक दीवार में कई छिद्र हों । इन छेदों में छिद्र-युक्त डांट लगा दीजिए और डांटों के छेद में भिन्न-भिन्न वस्तु—जैसे ताँबा, लोहा, पीतल, ऐल्युमीनियम आदि से बनी हुई करीब आठ ईंच लंबी और समान मोटाई की एक-एक छड़ इस तरह घुसा दीजिए कि उनका एक सिरा पात्र के भीतर और एक बाहर रहे । अब प्रत्येक छड़ के बाहरी हिस्से के ऊपर मोम का पलस्तर लगा दीजिए और पात्र को खोलते



[ चित्र ७०—ईनजेनहौज का प्रयोग ]

हुए पानी से भर दीजिए । थोड़ी ही देर में देखिएगा कि मोम का पलस्तर गलने लगा है । सबसे पहले ताँबे की छड़ के ऊपर का मोम गलने लगेगा और सिरों तक का सब मोम गल जाएगा । इससे यह प्रमाणित हो जाता है कि ताँबा इन चीजों में ऊष्मा का सबसे अधिक सुचालक है । पीतल और लोहे की छड़ पर भी मोम गलने लगेगा, पर उतना जल्द और उतनी दूर तक नहीं गलेगा । इस प्रकार से जिस वस्तु पर का मोम जितनी कम दूरी तक गलेगा, उसकी चालकता उतनी ही कम होगी ।

### संनयन (Convection)

ठोस पदार्थ में उष्मा का संचारण एक अणु से दूसरे, दूसरे से तीसरे इत्यादि में होता है और इस संचारण प्रक्रिया में अणु अपने मध्यमान स्थान से विस्थापित नहीं होते हैं, केवल उस स्थान के इर्द-गिर्द उनका कम्पन तीव्रतर हो जाता है। किन्तु चालन के अतिरिक्त द्रव पदार्थों में उष्मा का संचारण एक भिन्न प्रकार से भी होता है। साधारणतः द्रव पदार्थ और गैस उष्मा के कुचालक होते हैं और इनमें उष्मा का सुगम संचारण संनयन (convection) प्रक्रिया से होता है। इस क्रिया में माध्यम (द्रव या गैस) के कण उष्मा प्राप्त करके एक स्थान से दूसरे स्थान को जाते हैं और माध्यम के कणों की इस गति से माध्यम में उष्मा का संचारण होता है।

जब पानी भरे पात्र को आग पर रखकर पानी को गरम किया जाता है तब सर्वप्रथम आग के पास वाला अंश, यानी पात्र के पेंदे के पास का पानी गरम होकर प्रसारित हो जाता है। फलस्वरूप उसका घनत्व कम हो जाता है और वह बाकी पानी से हलका हो जाता है। पेंदे पर के गरम और हलके पानी के कण अपने साथ उष्मा लेकर ऊपर चढ़ जाते हैं और उनके स्थान में, यानी आग के निकट, भारी और ठंडे पानी के कण आ जाते हैं। यह ठंडा पानी भी फौरन गरम होकर प्रसारित और हलका हो जाता है और ऊपर की ओर चढ़ने लगता है। गरम पानी ऊपर जाकर ठंडा हो जाता है और भारी हो जाने के कारण फिर नीचे आता है। इस प्रकार पात्र के पानी के अंदर नीचे से ऊपर की ओर गरम पानी की धाराएँ और ऊपर से नीचे की ओर ठंडे पानी की धाराएँ स्थापित हो जाती हैं। इन धाराओं के द्वारा पात्र के जल में उष्मा का द्रुत संचारण होता है।

किसी गैस या द्रव में उष्मा से उत्पन्न इन धाराओं को संनयन धाराएँ (convection currents) कहते हैं। इन धाराओं द्वारा माध्यम में उष्मा के संचारण की प्रक्रिया को संनयन कहते हैं। अगर पात्र काँच का हो और पात्र के पानी के साथ लकड़ी का बुरादा मिला दिया जाए तो मिले हुए बुरादे भी संनयन धारा के साथ-साथ ऊपर-नीचे परिभ्रमण करते दीख पड़ेंगे।

लेकिन अगर नीचे के बजाए ऊपर से ऊष्मा पहुँचाया जाए तो संनयन, धारा नहीं स्थापित हो सकती है क्योंकि ऊपर का गरम पानी हलका होने के कारण नीचे की ओर नहीं जा सकता है। पानी ऊष्मा का कुचालक है और साथ-साथ संनयन धारा भी इस हालत में नहीं चलती है इसलिए, इस हालत में, नीचे का पानी गरम नहीं हो पाता है। इसलिए धूप में जलाशय के ऊपर का पानी गर्म हो जाता है, लेकिन नीचे का पानी ठंडा रह जाता है और इसमें मछली आदि जलचर जीव जिन्दा रह जाते हैं।

द्रव पदार्थ की तरह गैस में भी ऊष्मा संचरण संनयन द्वारा होता है। हवा गरम होने पर प्रसारित होती है और हलकी होकर ऊपर चढ़ जाती है। ठंडी हवा गरम हवा में भारी होने के कारण, नीचे की हलकी गरम हवा को हटाकर नीचे उतर आती है। यही कारण है कि गरम हवा आग के पास से धुआँ बगैरह लेकर ऊपर चढ़ती है।

संनयन धाराओं की सहायता से हम अपने रहने के कमरों को ऐसा बना सकते हैं कि उनमें उचित निर्वातन (ventilation) होता रहे। कमरे की दीवारों में अगर ऊपर की ओर गरम हवा निकलने के लिए तथा नीचे की ओर ठंडी हवा आने के लिए खिड़कियाँ बना दी जाएँ तो कमरे में हमेशा शुद्ध हवा मिलती रहेगी। कमरे की दूषित और गरम हवा ऊपर की खिड़कियों से बाहर चली जाएगी और बाहर की ठंडी और शुद्ध हवा नीचे की खिड़कियों से अंदर आएगी। दीवारों में आमने-सामने खिड़कियाँ बनाने पर भी कमरे में सदा बाहर की शुद्ध हवा का प्रवाह होता रहेगा।

### विकिरण (Radiation)

हमने देखा है कि ऊष्मा सवहन तथा संनयन प्रक्रियाओं द्वारा संचारित होती है। इनके अतिरिक्त एक और प्रक्रिया से भी ऊष्मा संचारित होती है। इसमें ऊष्मा-संचरण के लिए किसी वस्तु के माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है। इस तीसरी प्रक्रिया से ऊष्मा शून्य स्थान में से होकर भी संचारित होती है तथा द्रव्यात्मक माध्यम से भी संचारित होती है। -

सूर्य से पृथ्वी की दूरी लगभग २ करोड़ ८ लाख कि० मी० है और दोनों के बीच इस दूरी में शून्य ही शून्य है। इस शून्य से सूर्य का प्रकाश और उसके

साथ-साथ उसकी ऊष्मा भी तरंगों के रूप में लगभग ३ लाख कि० मी० प्रति सेकेंड के वेग से चलकर पृथ्वी तक पहुँचती है। जब ऊष्मा तरंगों (अथवा किरणों) के रूप से संचारित होती है तो संचारण की इस प्रक्रिया को ऊष्मा का विकिरण कहते हैं, ऊष्मा की किरणें जब किसी द्रव्य द्वारा अवशोषित होती हैं तब वह द्रव्य ऊष्म या तप्त हो जाता है। कुछ ऐसे द्रव्यात्मक माध्यम हैं, जिनमें ऊष्मा की किरणों का नगण्य अवशोषण होता है और वे ऊष्मा की किरणों से तप्त नहीं होते हैं।

प्रत्येक तप्त वस्तु से ऊष्मा का कुछ न कुछ विकिरण होता रहता है। सूर्य से विकिरण द्वारा ऊष्मा प्राप्त करके दिन में पृथ्वी गर्म हो जाती है, रात्रि में वह स्वयं विकिरण द्वारा ऊष्मा का विसर्जन करके ठंडी हो जाती है।

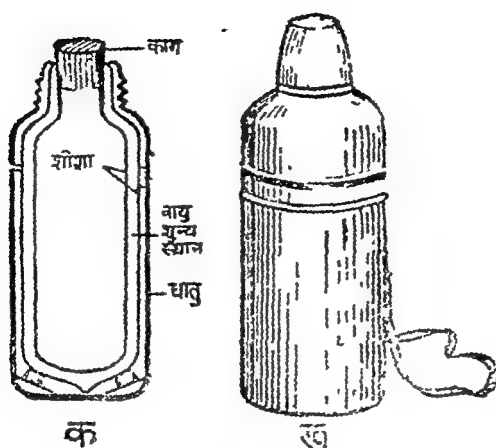
विकिरित ऊष्मा सरल रेखा में गमन करती है और गहरे रंग की वस्तुओं में शीघ्रता से अवशोषित हो जाती है। काले रंग की वस्तु में विकिरित ऊष्मा लगभग शत-प्रतिशत अवशोषित हो जाती है। सफेद (धवल) तथा हलके रंग की वस्तु, विकिरित ऊष्मा को परावर्तित करती है और उनमें विकिरित ऊष्मा अति न्यून परिमाण में अवशोषित होती है।

धूप में जब हम छतरी के नीचे खड़े हो जाते हैं तब सूरज से आती हुई विकिरित ऊष्मा काफी हद तक छतरी के काले कपड़े में अवशोषित हो जाती है और हमें गर्मी कम लगती है। अगर हवा का प्रवाह इस ऊष्मा को संचारित करता होता तो ऐसा नहीं हो सकता था।

ऊष्मा-संवहन तथा ऊष्मा-सन्वयन से ऊष्मा-विकिरण संपूर्णतः भिन्न है और तीनों में सबसे अधिक महत्त्वपूर्ण है, क्योंकि इस विधि से किसी द्रव्यात्मक माध्यम की सहायता के बिना ही ऊष्मा संचारित हो सकती है।

### थर्मस फ्लास्क (thermos flask)

थर्मस फ्लास्क इस प्रकार से बनाया जाता है कि उसमें रखी हुई चीजों पर कम-से-कम ऊष्मा-संचरण की क्रिया हो। इस कारण थर्मस में रखी हुई गरम चीज देर तक गरम और ठंडी चीज अधिक समय तक ठंडी रहती है।



[ चित्र ७१—थर्मस फ्लास्क : क—अंदर की बनावट, ख—संपूर्ण थर्मस फ्लास्क ]

संवहन, संनयन तथा विकिरण तीनों क्रियाओं से ऊष्मा के संचरण को रोकने के लिए इसमें काँच की दोहरी दीवार की एक बोतल होती है, जिसकी दीवारों के बीच का स्थान निर्वात होता है। बोतल की काँच की दीवारों की अंदर वाली सतहें आइना-जैसी चमकदार होती है। बोतल की सुरक्षा के लिए उसे एक टीन या प्लास्टिक निर्मित पात्र के अंदर बंद कर दिया जाता है, जो उसे वायु के संपर्क से भी बचाता है। शीशे की दोहरी दीवार के बीच के स्थान से संवहन तथा संनयन द्वारा ऊष्मा का संचरण नहीं हो पाता है। बोतल के अंदर की दीवार चमकदार होने के कारण ऊष्मा-विकिरण की मात्रा भी बहुत कम हो जाती है। इन कारणों से इसमें गरम दूध, चाय आदि रख देने से वे घंटों गरम रह जाते हैं। बरफ रख देने से भी वह घंटों नहीं पिघलती है।

### वातानुकूलन (Air conditioning)

आदिम युग से ही मनुष्य प्रकृति के प्रकोपों से बचने के लिए नाना प्रकार के उपाय करते आ रहे हैं। प्रकृति और मनुष्यों में यह संघर्ष ही मनुष्य की अग्रगति का प्रधान कारण है। इस संघर्ष का इतिहास मनुष्य के ज्ञान-विज्ञान की प्रगति का इतिहास है। चाँद से बचने के लिए आग तापना तथा

आग जलाकर कमरे को गरम रखने की प्रथा तो बहुत दिन पहले ही प्रचलित हो गई थी, साथ ही गरमी से राहत पाने के लिए पंखा चलाना या बरफ का व्यवहार करना भी काफी दिनों से प्रचलित हो गया था, गरमी तथा जाड़े के प्रकोप से बचने के लिए विज्ञान का आधुनिकतम दान है ।

### वातानुकूलन या शीत-ताप-नियंत्रण

वातानुकूलन, एक निश्चित क्षेत्र के अंदर वायु को ऐसी अवस्था में लाने को कहते हैं, जिससे उस क्षेत्र के अंदर उपस्थित मनुष्यों के लिए वह अधिक से अधिक आराम देनेवाली तथा स्वास्थ्यकर बन सके । दूसरे शब्दों में, किसी स्थान की वायु का तापमान, आर्द्रता तथा शुद्धता के अनुकूल नियंत्रण को वातानुकूलन कहते हैं ।

वातानुकूलन द्वारा शीत और ऊष्णता को नियंत्रित करके न केवल मनुष्य को शारीरिक सुख मिलता है, बल्कि इससे उसका स्वास्थ्य भी अच्छा रहता है और उसकी कार्य-क्षमता काफी बढ़ जाती है । सिनेमा-गृह आदि में जहाँ बहुत-से आदमी काफी देर तक एक बंद स्थान में एकत्रित रहते हैं, और जहाँ वायु दूषित होने की काफी संभावना रहती है, वातानुकूलन द्वारा वायु को शुद्ध रखा जा सकता है और कमरे को आरामदेह बनाये रखा जा सकता है ।

वातानुकूलन के लिए आजकल नाना प्रकार के वातानुकूलन यंत्र ( air conditioning unit ) मिलते हैं । ये छोटे-छोटे कमरों के लिए छोटे आकार के तथा बड़े-बड़े हॉल आदि के लिए बड़े आकार के होते हैं ।

मनुष्यों के लिए स्वास्थ्यकर वातावरण उत्पन्न करने के लिए प्रति व्यक्ति ३० घनफुट वायु की आवश्यकता होती है । इसमें सर्वदा ताजी वायु का परिमाण एक तिहाई होना चाहिए । इसलिए वातानुकूलन में केवल वायु को ठंडा या गरम कर देने से ही काम नहीं चलता बल्कि उसमें उचित प्रवाह होने की व्यवस्था करना भी जरूरी है । साथ ही, वायु में उचित मात्रा में आर्द्रता का होना, उसमें किसी प्रकार की गंध तथा अशुद्धियाँ न होना भी आवश्यक है । अतः वातानुकूलन में निम्नलिखित बातें होनी चाहिए —

(क) वायु का तापमान नियंत्रण :—गरमी में वायु को इतना ठंडा करना तथा जाड़े में इतना गरम करना कि उससे आदमी को अधिक से अधिक आराम मिल सके ।



(ख) वायु-प्रवाह का नियंत्रण :—वायु-प्रवाह को इस गति से चालू रखना ताकि वायु में सर्वदा उचित मात्रा में ताजा वायु मिश्रित होती रहे और उसमें आक्सीजन की मात्रा सतुलित रहे ।

(ग) वायु में आर्द्रता या नमी का नियंत्रण :—गरमी में जब वायु में आर्द्रता अधिक हो जाती है तब उसे उचित परिमाण में घटाना और जाड़े में जब वायु में आर्द्रता घट जाती है तब उसे उपयुक्त मात्रा में बढ़ाना ।

(घ) वायु की शुद्धता का नियंत्रण :—वायु को इन प्रकार छनकर अंदर प्रवेश कराना ताकि उसके साथ धूल, धुआँ तथा हानिकारक जीवाणु आदि प्रवेश न कर सकें ।

(ङ) गंध, स्वाद आदि का नियंत्रण :—वायु में किसी प्रकार का गंध या स्वाद न रहने देना ।

ग्रीष्म तथा शीत ऋतुओं में वातानुकूलन के काम में कुछ भिन्नता होती है ।

### ग्रीष्म का वातानुकूलन (Summer airconditioning)

भारत जैसे गरम देशों में ग्रीष्म के वातानुकूलन का प्रचलन अधिक है । इसमें मुख्य काम है, वायु को ठंडा करना और साथ ही अगर वायु में आर्द्रता अधिक हो तो उसे कम करना ।

ग्रीष्म वातानुकूलन यंत्र में एक प्रशीतक (refrigerator) यंत्र लगा हुआ होता है । चूसक पंप द्वारा वायु खींचकर इस यंत्र में प्रवेश कराई जाती है । यंत्र में प्रवेश कराने के पहले ही यांत्रिक छनना से छानकर वायु को शुद्ध कर लिया जाता है । प्रशीतक के अंदर वायु ठंडी हो जाती है और साथ ही उसकी आर्द्रता का एक अंश ठंडा होकर पानी बन जाता है । इस प्रकार से वायु शुद्ध, ठंडी तथा उचित मात्रा में आर्द्रतायुक्त बन जाती है । फिर इस वायु को नियंत्रित मात्रा में कमरे में प्रवेश करवाकर उसमें वातानुकूलन किया जाता है । साधारणतः यह नियंत्रण स्वयं चालित विधियों से होता है ।

वातानुकूलन यंत्र पर कितना बोझ होगा यह कमरे के निर्माण, वायु की ऊष्णता तथा कमरे में उपस्थित मनुष्यों की संख्या आदि पर निर्भर करता है । क्योंकि कमरे के अंदर की वायु कितनी गरम होगी, इसका परिमाण इस बात पर निर्भर करता है कि उसमें बाहर से कितनी गरम वायु प्रवेश करती

है ; उसकी दीवारें, छत, खिड़कियाँ आदि ऊष्मा के कंसे चालक हैं तथा उसमें उपस्थित आदमियों के शरीरों से निकलती हुई ऊष्मा कितनी होती है, आदि । इसलिए उत्तम रूप से बनाए गये मकानों में, जिनकी दीवारें, छत आदि अधिक से अधिक अचालक (non-conductor) हैं, वातानुकूलन में कम खर्च होता है ।

### जाड़े का वातानुकूलन (winter air conditioning)

ठंडे देशों में इस व्यवस्था का प्रचलन अधिक है । इसमें कई तरीके काम में लाये जाते हैं । पिछले दिनों में साधारणतः गरम पानी या भाप की सहायता से कमरों को गरम किया जाता था । अभी भी बहुत-से स्थानों में यह तरीका प्रचलित है । एक स्थान पर किसी बन्द पात्र में पानी गरम करके भाप बनाया जाता है और नलियों की सहायता से कमरों में पहुँचाया जाता है । कमरों में लगे हुए विकिरक इस भाप की गरमी का विकिरण करके कमरों को गरम कर देता है । वातानुकूलन की यह युक्ति सरल है, लेकिन इस युक्ति द्वारा वायु की आर्द्रता का नियंत्रण नहीं हो सकता है और न वायु की शुद्धता तथा उसकी गंध आदि का ही नियंत्रण हो सकता है । इसलिए इसे सही माने में वातानुकूलन नहीं कहा जा सकता । इसके अलावा कमरों में लकड़ी, कोयला, गैस आदि जलाकर कमरों को गरम रखने की प्रथा भी काफी प्रचलित है । कमरों को केवल गरम करने के लिए वैद्युतिक ऊष्मक सबसे अच्छा होता है । वैद्युतिक ऊष्मक के संबंध में हम बाद में अध्ययन करेंगे ।

वैद्युतिक वातानुकूलन यंत्र में एक ऊष्मक (heater) यंत्र लगा हुआ होता है । चूसक पंप द्वारा खींची गई वायु यांत्रिक छनने से छनकर शुद्ध होकर इसमें प्रवेश करती है । वहाँ वायु गरम होती है और साथ ही ऊष्मक में पानी की बूंदें गिराकर उसमें उचित मात्रा में आर्द्रता मिला दी जाती है । नलियों की सहायता से यह वायु उचित मात्रा में नियंत्रित रूप से कमरों में छोड़कर उसे आवश्यकतानुसार गरम किया जाता है । मात्रा का नियंत्रण साधारणतया स्वचालित यंत्रों से होता है ।



## प्रकाश (Light)

प्रकाश भी ऊर्जा का एक रूप है। इसकी सहायता ने हम वस्तुओं को देख सकते हैं। प्रकाश के स्रोत ने प्रकाश की किरणें निकलती हैं। किसी वस्तु को हम तभी देख सकते हैं, जब उससे प्रकाश की किरणें निकलकर या परावर्तित (reflected) होकर हमारी आँखों के अंदर प्रवेश करें। जिस वस्तु से प्रकाश की किरणें नहीं निकलती हैं, उसे हम तब तक नहीं देख सकते जब तक कहीं से प्रकाश की किरणें आकर उसपर न गिरती हों और वहाँ से परावर्तित होकर हमारी आँखों में आ नहीं जाती हों। असल में हम प्रकाश को नहीं देखते हैं बल्कि उसकी किरणों ने प्रकाशित वस्तुओं को देखते हैं। अंधेरे स्थान पर रखी गई मोमबत्ती को हम नहीं देख सकते और न उसके आस-पास की चीजों को ही देख सकते हैं। पर, मोमबत्ती को जलाते ही हम उसे देख लेते हैं, और साथ ही आस-पास की अन्य चीजें भी दृष्टिगोचर हो जाती हैं। इस प्रकार देखने की क्रिया के लिए आँख तथा प्रकाश दोनों ही की आवश्यकता होती है। अतः, संक्षेप में कहा जा सकता है कि प्रकाश ऊर्जा का वह रूप है जिसकी सहायता से हमारी आँखें देखने की क्रिया को संपन्न करती हैं।

हम दो प्रकार की वस्तुओं को देखते हैं :—

ज्योतिष्मान या दीप्त (luminous) तथा अज्योतिष्मान (nonluminous)।

१. ज्योतिष्मान वस्तु—ज्योतिष्मान पदार्थ वे हैं, जो अपने ही प्रकाश से दृष्टिगोचर होते हैं। दूसरे शब्दों में, जिन वस्तुओं से प्रकाश की किरणें निकलकर हमारी आँखों में प्रवेश करती हैं, उन्हें ज्योतिष्मान पदार्थ कहते हैं। सूरज, तारे, लालटेन की जलती हुई बत्ती, मोमबत्ती की जलती हुई लौ, बिजली की बत्ती, जुगनू, जलती हुई दियासलाई की सीक आदि ज्योतिष्मान वस्तुएँ हैं।

२. अज्योतिष्मान वस्तु—अज्योतिष्मान वस्तुओं से प्रकाश की किरणें नहीं निकलती, ये दूसरों के प्रकाश से प्रकाशित होती हैं। इसलिए इन्हें देखने के लिए ज्योतिष्मान वस्तु की किरणों की आवश्यकता होती है। जो वस्तु अन्य ज्योतिष्मान वस्तु की किरणों से प्रकाशित होकर दृष्टिगोचर होती है, उसे अज्योतिष्मान वस्तु कहते हैं। ईंट, पत्थर, किताब, कलम, पेड़-पौधे आदि हमारी आस-पास की अधिकतर वस्तुएँ अज्योतिष्मान वस्तुएँ हैं।

वैसे तो वैज्ञानिकों का कहना है कि ब्रह्मांड (universe) में हमारे सूर्य से भी बड़े-बड़े ज्योतिष्मान असंख्य सूर्य हैं, फिर भी इस पृथ्वी के लिए हमारा सूर्य ही सर्वप्रधान प्रकाश का स्रोत है। क्योंकि बाकी सब हमसे इतने दूर हैं कि उनके प्रकाश को हम केवल टिमटिमाते हुए तारे के रूप में ही देख पाते हैं। सूर्य की किरणों से दिन में घरातल प्रकाशमान रहता है। शुक्ल पक्ष में चाँद का जो प्रकाश पृथ्वी पर स्वप्न-लोक की सृष्टि करता है, वह प्रकाश चाँद का नहीं है, बल्कि सूर्य का ही प्रकाश है, जो चाँद के पृष्ठ से परावर्तित होकर पृथ्वी-तल को प्रकाशित करता है।

रात को जब हमें सूर्य का यह परावर्तित प्रकाश नहीं मिलता है, उस समय हमें विजली की बत्ती, गैस की बत्ती, लालटेन, मोमबत्ती, दीपक आदि से प्रकाश मिलता है।

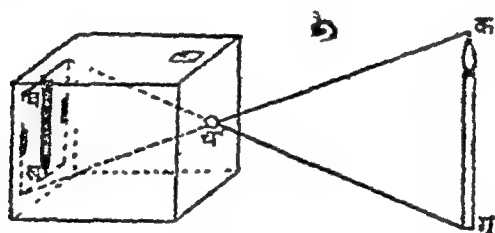
प्रकाश संचरण (propagation of light)—प्रकाश के गमन के लिए किसी द्रव्यात्मक माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है। बताया जा चुका है कि सूर्य से प्रकाश की किरणें और साथ ही साथ ऊष्मा की किरणें २ करोड़ ८ लाख कि० मी० तक शून्य अंतरिक्ष से चलकर पृथ्वी पर पहुँचती हैं। प्रकाश और ऊष्मा की किरणें तरंगों के रूप में शून्य अंतरिक्ष तथा अन्य द्रव्यात्मक पारदर्शी के माध्यम से गमन करती हैं।

### प्रकाश का सरल रैखिक संचरण

सूर्य, बत्ती की लौ आदि ज्योतिष्मान वस्तुओं के प्रत्येक बिंदु से प्रकाश की किरणें निकलती हैं और सरल रेखाओं पर चलती हैं। हम उसी वस्तु को देख सकते हैं, जिससे हमारी आँख तक खींची हुई सरल रेखा पर कोई ऐसी बाधा या आड़ नहीं हो जिससे प्रकाश पार नहीं हो सकता है। कारण यह है कि किरणें आड़ से मुड़कर हमारी आँखों में नहीं समा सकती।

निम्नलिखित सरल प्रयोगों से प्रमाणित किया जा सकता है कि प्रकाश सरल रेखाओं पर गमन करता है :—

**प्रयोग (१) सूची-छिद्र कैमरा**—दपती का बना हुआ एक चौकोर बक्सा लेकर एक ओर से दपती काट दीजिए और उस जगह पर तेल लगा हुआ एक कागज लगा दीजिए। इस कागज को छोड़कर बक्से के अंदर की बाकी दीवारों पर काला कागज साट दीजिए और बक्से को इस प्रकार बंद कर दीजिए कि उसमें किसी प्रकार से प्रकाश न आ सके। अब तेल लगे हुए कागज के सामने की दीवार में एक वारीक छेद कर दीजिए। छेद के ठीक सामने एक मोमवत्ती रख दीजिए। देखियेगा कि तेल लगे हुए कागज के ऊपर मोमवत्ती का प्रतिबिम्ब (image) बन रहा है। लेकिन यह प्रतिबिम्ब उलटा दिखाई पड़ेगा। ऐसा इसलिए होता है कि मोमवत्ती के सबसे ऊपर के बिंदु से जो किरण निकलती है, वह छेद में से नीचे की ओर जाकर कागज पर गिरती है। चित्र में मोमवत्ती की लौ के सर्वोच्च बिंदु क से

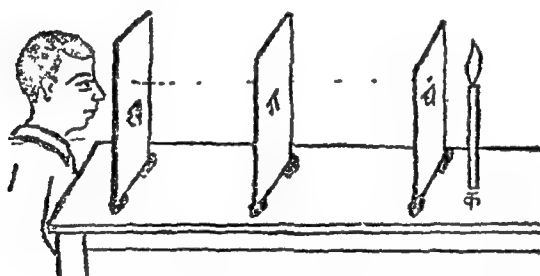


[ चित्र ७२—सूची छिद्र कैमरा ]

निकलने वाली किरण बक्से के छेद च से होकर कागज पर ख बिंदु पर गिरती है। इसी प्रकार वत्ती के निम्नतम बिंदु ग से आती हुई किरण छिद्र च में होकर कागज पर घ बिंदु पर गिरती है। इस प्रकार से मोमवत्ती क ग, बक्से में लगे हुए कागज पर उलटी होकर ख घ बिम्ब बनाती है। छिद्र से लौ के किसी बिंदु तक खींची हुई सरल रेखा पर चलती हुई किरण ही बक्से में प्रवेश कर सकती है और तेल लगे कागज पर पड़ सकती है। अन्य किरणें बक्से की दीवार को पार नहीं कर सकती हैं और अंदर जाकर कागज पर गिर नहीं पाती हैं। किरणों के सरल रेखा में गमन करने के कारण ऐसा

होता है। इस प्रकार के वक्से को सूची-छिद्र कैमरा (pin hole camera) कहा जाता है।

प्रयोग २—तीन समान आकार के दपती के टुकड़े लेकर तीनों में एक ही स्थान पर सूई द्वारा एक-एक छेद बना दीजिए। तीनों दपतियों को इस प्रकार आमने-सामने खड़ा कर दीजिए कि तीनों के छेद एक सरल रेखा में आ जाएँ। एक मोमवत्ती जलाकर तीसरी दपती के पीछे रखिए। अब अगर पहली दपती के छेद से आँख लगाकर देखियेगा, तो मोमवत्ती की रोशनी दिखाई पड़ेगी। किसी भी दपती को थोड़ा-सा इधर-उधर कर देने पर छेदों से किरण का आना बन्द हो जाएगा और मोमवत्ती की रोशनी दिखाई नहीं पड़ेगी। किरण अभी आ सकती है जब तीनों छेद वत्ती के साथ एक सरल



[ चित्र ७३—प्रकाश का सरल रेखा में गमन :  
क—मोमवत्ती, ख, ग, घ—छिद्रयुक्त दपतियाँ ]

रेखा में हों। इससे प्रमाणित होता है कि किरण सरल रेखा में गमन करती है। क्योंकि, अगर किरणें इधर-उधर मुड़ कर चल सकती, तो सभी छेदों के एक सरल रेखा में न रहने पर भी रोशनी दिखाई पड़ती।

रोज हम अपने घरों में प्रकाश को सरल रेखाओं में गमन करते देखते हैं। अँधेरे कमरे में अगर छत या खिड़कियों के छिद्र से सूरज की किरणें प्रवेश करती हों, तो उन किरणों में कमरे की उड़ती हुई धूल से किरणों का पुंज दिखाई देता है। साथ ही हम देखते हैं कि किरणों का गमन-पथ सरल रेखाओं पर है। प्रायः बादलों की ओट से सूरज की किरणें सरल रेखा में गमन करती हुई देखने को मिलती हैं।

दीप्त वस्तु से निकलती हुई प्रकाश की किरणें या प्रकाशित पदार्थ से परावर्तित प्रकाश की किरणें १,८६,००० मील प्रति सेकेण्ड या ३,००,००० किलो-मीटर प्रति सेकेण्ड के वेग से गमन करती हैं। इस कारण से कभी बत्ती जलते ही तुरत सब चीजे दिखाई देने लगती हैं। प्रकाश का वेग इतना अधिक है कि एक सेकेण्ड में प्रकाश सात बार पृथ्वी की परिक्रमा कर सकता है।

### किरण-पुंज (beam of rays)

उद्गम स्थान से निकलकर प्रकाश की किरणें सरल रेखाओं पर चलती हुई चारों ओर फैल जाती हैं। किरण की रेखाएँ बहुत ही पतली होती हैं और एक से दूसरी को व्यावहारिक रूप से अलग नहीं किया जा सकता है। इसलिए ज्योतिष्मान पदार्थ से निकलने वाली किरणों के समूह पर ही प्रयोग किया जा सकता है। किरणों के समूह को किरण-पुंज कहते हैं। अति सकीर्ण किरण पुंज को किरण कूचिका (pencil of rays) कहते हैं। उद्गम स्थान से निकलने के बाद जब किरण-पुंज की किरणें एक दूसरे से दूर होती जाती हैं, तब ऐसे किरण पुंज को अपसारी (divergent) किरण-पुंज कहते हैं।

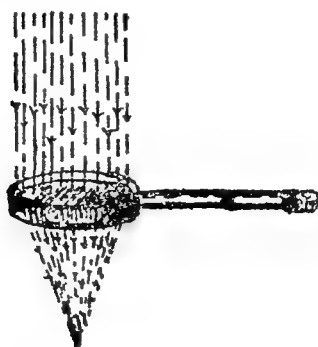
बत्ती जलाने पर लौ से जो किरणें निकलती हैं, वे अपसारी किरण-पुंज के रूप में होती हैं।

किरण-पुंज का उद्गम स्थान जब सूर्य या अन्य ग्रहो-नक्षत्रों जैसा बहुत दूर होता है, तब वहाँ से आनेवाली किरणों को समांतर माना जाता है, यानी उनसे धाता हुआ किरण पुंज समांतर किरण पुंज कहा जाता है।

जब किसी विशेष अवस्था के कारण बिखरी हुई किरणें परस्पर पास आने लगती हैं और अंत में एक बिंदु पर मिलने लगती हैं तब उन्हें अभिसारी (convergent) किरण-पुंज कहते हैं। आवर्धक लेस (magnifying lens) द्वारा प्रकाश को केन्द्रीभूत करते समय अभिसारी किरण पुंज देखने को मिलता है।

केन्द्रित होने पर समस्त किरणों की ऊष्मा भी उसी एक बिंदु पर केन्द्रित हो जाती है और इससे इतनी ऊष्मा उत्पन्न होती है कि उस बिंदु पर कागज या कपड़ा रख देने से वह जलने लगता है। एक कागज के टुकड़े पर

आवर्धक लेंस की सहायता से सूरज की किरणों को केन्द्रित करके आसानी से इस बात को देखा जा सकता है ।



[ चित्र ७४—अभिसारी किरण-पुंज ]

**प्रदीपन तीव्रता (Intensity of illumination) तथा  
प्रदीपन क्षमता (Illuminating power)**

किसी वस्तु की सतह के प्रति इकाई क्षेत्र पर प्रति सेकेंड पड़ती हुई प्रकाश-ऊर्जा को, उस सतह पर की, प्रदीपन तीव्रता कहते हैं । इस पुस्तक के पृष्ठ को वत्ती के जितना ही निकट ले जाते हैं, पृष्ठ पर वत्ती के प्रकाश की तीव्रता उतनी ही बढ़ती जाती है । दूरी आधी कर देने में प्रदीपन तीव्रता चौगुनी बढ़ जाती है और दूरी तिहाई कर देने से नौगुनी । दूरी बढ़ाने में प्रदीपन तीव्रता उसी अनुपात से (यानी दूरी के वर्ग के अनुपात से) घटती जाती है ।

विभिन्न प्रकाश-स्रोतों से विभिन्न परिमाणों में प्रकाश का उत्सर्जन होता है । साठ वाट की विजली की वत्ती, एक मोमबत्ती से अधिक प्रकाश देती है । दूसरे शब्दों में, विजली की वत्ती की प्रदीपन क्षमता मोमबत्ती की प्रदीपन क्षमता से बहुत अधिक है । किसी दीप से एक मीटर की दूरी पर किसी सतह को, किरणों पर, लव रूप से रखा जाय तो उस सतह के इकाई क्षेत्र पर प्रति सेकेंड पड़ते हुए प्रकाश को उस दीप की प्रदीपन क्षमता कहते हैं । दीप की प्रदीपन क्षमता (illuminating power) मापने की इकाई को कैंडल शक्ति कहते हैं ।

$\frac{1}{4}$  पाँड वजन के  $\frac{1}{8}$  ईंच व्यासयुक्त स्पर्मासेटी (spermaceti) नामक विशेष प्रकार के मोम से निर्मित ऐसी एक वत्ती की, जिसमें प्रति मिनट



२ ग्रैन मोम जलता हो, प्रदीपन क्षमता को एक कैंडल पावर कहा जाता है। दूसरे शब्दों में, ऐसी १०० मोमवत्तियाँ जलाने से जितनी रोशनी होगी उतनी रोशनी अगर दूसरी कोई ज्योतिष्मान वस्तु देती हो तो उसे भी कैंडल शक्ति की वत्ती कहा जायगा। आजकल कैंडल पावर मापने के लिए इस मानक मोमवत्ती के स्थान पर वारनन हारकोर्ट पेनटेन वत्ती (Venon Harcourt Pentane lamp) काम में लाई जाती है।

प्रदीपन क्षमता मापने के लिए फोटो मीटर नामक यंत्र इस्तेमाल किया जाता है।

### द्रव्यात्मक माध्यम से प्रकाश का गमन

#### (क) पारदर्शक माध्यम ( Transparent medium )

सूर्य, चंद्रमा और तारों का प्रकाश, वायुमंडल को पार करके, हमारी आँखों तक पहुँचता है, तथापि हम प्रकाश के स्रोतों को साफ-साफ देख पाते हैं। आँख के सामने काँच का प्लेट या अवरख की पत्ती रखकर किसी वत्ती की ओर देखने से वत्ती साफ-साफ दिखाई देगी, मानो आँखों के सामने कोई चीज नहीं है। ऐसी वस्तु को, जिससे होकर प्रकाश पार हो जाता है और जिससे आर-पार की वस्तु साफ दिखाई देती है, पारदर्शी (transparent) वस्तु कहते हैं।

#### (ख) पारभासक (Translucent) माध्यम

यदि किसी काँच के प्लेट को बालू पर खूब घिस दिया जाए और उस घिसे हुए काँच को आँख के सामने रखकर वत्ती की ओर देखें तो आँख पर प्रकाश तो पड़ेगा और शायद वत्ती का धुँधला और अस्पष्ट रूप भी दीख पड़ेगा, किन्तु साफ नहीं। घिसे काँच, तेल लगे कागज आदि को सामने रख कर हम उस पार की चीजों को साफ नहीं देख सकते हैं। यद्यपि प्रकाश इनसे पार हो जाता है। ऐसी वस्तुओं को पारभासक वस्तु कहते हैं।

#### (ग) अपारदर्शक (Opaque).

जिन वस्तुओं से होकर प्रकाश बिल्कुल नहीं पार हो सकता है, उन्हें अपारदर्शक पदार्थ कहते हैं। अपारदर्शक पदार्थों के एक ओर से दूसरी ओर की चीजें कतई नहीं दिखाई पड़ती हैं। ईंट, पत्थर, लकड़ी, लोहा आदि ऐसे पदार्थ हैं।

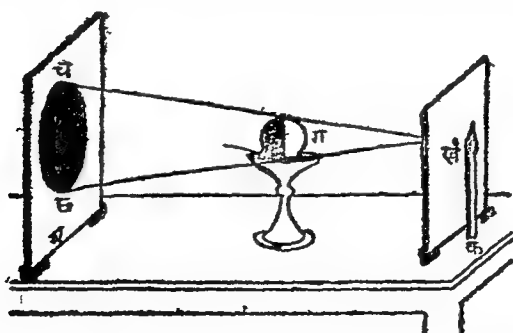
## छाया (Shadow)

किसी दीप और दीवार के बीच जब कोई अपारदर्शक वस्तु रख दी जाती है, तब उस दीवार पर एक ऐसा अदीप्त या अध क्षेत्र बन जाता है जिस पर दीप का प्रकाश नहीं पड़ता है। इस अदीप्त क्षेत्र को उस वस्तु की छाया कहते हैं। छाया की रूपरेखा बिल्कुल वस्तु जैसी होती है। छाया का आकार कभी बड़ा, कभी छोटा हो सकता है। वस्तु से उसकी छाया की दूरी तथा वस्तु से दीप की दूरी पर छाया का आकार निर्भर करता है। दीप को स्थिर रखते हुए वस्तु को ज्यो-ज्यो दीवार के निकट लाते हैं त्यों-त्यों छाया छोटी होती जाती है। वस्तु और दीवार (या पर्दे) को स्थिर रखते हुए ज्यो-ज्यों दीप को वस्तु के निकट लाते हैं त्यों-त्यों छाया बड़ी होती जाती है। छाया का बनना भी इस बात का प्रमाण है कि प्रकाश सरल रेखाओं पर गमन करता है। क्योंकि प्रकाश की किरणें अगर वक्र रेखाओं में भ्रमण कर सकती, तो वे मुड़कर अपारदर्शक वस्तु को पार कर आगे चली जाती और छाया नहीं बनती।

अगर एक वारीक छेद में से आते हुए प्रकाश-पुंज के गमन-पथ पर कोई अपारदर्शक वस्तु रखी जाए तो जो छाया बनेगी उसका समस्त अंश एक-सा काला होता है। इस प्रकार की छाया को समरूप छाया कहते हैं।

### समरूप छाया बनाना

एक दपती में एक छोटा छेद कर दे और एक मोमवत्ती जलाकर उसे



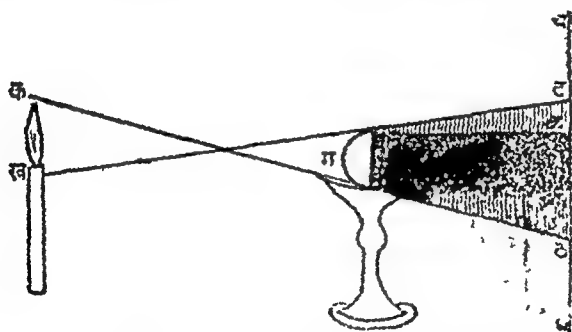
[ चित्र ७५—समरूप छाया : क—मोमवत्ती, ख—छिद्रयुक्त दपती, ग—गेंद, घ—पर्दा, छ—छाया ] .

मेज पर रख दे। अब दपती को मोमवत्ती के सामने इस प्रकार से रखें कि इसके छेद से होकर प्रकाश-पुंज एक पर्दे पर गिरे। फिर एक गेंद लेकर

प्रकाश-पुंज के पथ में रख दें। अब गेंद की छाया पर्दे पर वनेगी। छाया गोलाकार होगी और चूँकि प्रकाश-पुंज की किरणें एक बिंदु से होकर आती हैं इसलिए छाया समरूप होगी। चित्र में मोमवत्ती क से प्रकाश की किरणें दपती के छेद ख बिंदु से होकर निकलती हैं और गोल गेंद ग की छाया पर्दा च-छ पर वनती है। पूरी छाया में एक-सा अघकार है और इसलिए छाया स्पष्ट है। दूसरे शब्दों में यह छाया समरूप छाया है।

### प्रच्छाया (Umbra) तथा उपच्छाया (Penumbra)

समरूप छाया के अतिरिक्त और दो प्रकार की छायाएँ वनती हैं, इन्हें प्रच्छाया तथा उपच्छाया कहते हैं। यदि प्रकाश-पुंज एक बिंदु से आता हो, तो समरूप छाया वनेगी। लेकिन यदि प्रकाश-पुंज एक बिंदु से न आता हो तो प्रच्छाया तथा उपच्छाया वनेगी। अगर मोमवत्ती के सामने एक ऐसे गेंद को रखा जाए जो मोमवत्ती की लौ से आकार में बड़ा हो, तो हम देखेंगे कि छाया का मध्य भाग पूरी तरह काला है और उसके चारों ओर छाया क्रमशः कम काली होती जाती है, अर्थात् छाया के मध्य भाग में प्रकाश एकदम नहीं पहुँचता है और उसके चारों ओर थोड़ा-थोड़ा प्रकाश पहुँचता है।

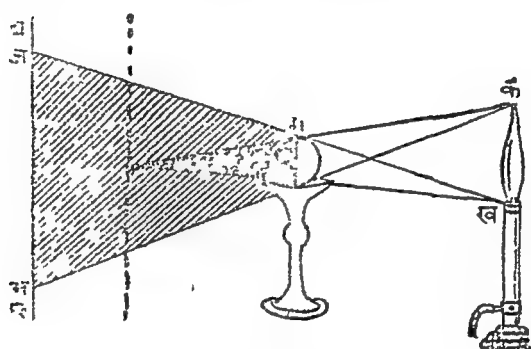


[ चित्र ७६—प्रच्छाया तथा उपच्छाया ]

चित्र में प्रकाश का उद्गम (स्रोत) क-ख है। उसके सामने उससे बड़ा गेंद ग को रखा गया है। गेंद पीछे परदे पर अपनी छाया बनाती है। छाया में एक अंश ऐसा है जहाँ कुछ भी प्रकाश नहीं पहुँचता है और यह अंश संपूर्ण रूप से काला है। छाया के चारों ओर के अंश अपेक्षाकृत कम काला है, क्योंकि यहाँ लौ के किसी-न-किसी भाग से प्रकाश की कुछ किरणें पहुँच जाती हैं। इस

प्रकार से बनी हुई छाया के बीच के पूर्णतः काले अंश को प्रच्छाया और कम काले अंश को उपच्छाया कहते हैं। उपच्छाया के अंदर से लौ को देखने से लौ का कोई-न-कोई अंश अवश्य ही दिखाई देगा।

जब प्रकाश का स्रोत छाया बनानेवाली वस्तु से बड़ा होता है तब वस्तु के पीछे शंकु के आकार का एक प्रच्छाया क्षेत्र होता है जिसमें प्रकाश की किसी किरण का प्रवेश नहीं होता और जब पर्दा इस क्षेत्र के अंदर रखा जाता है तो उसपर प्रच्छाया प्राप्त होती है और साथ-साथ उपच्छाया भी।



[ चित्र ७७—केवल उपच्छाया बनना ]

परन्तु जब पर्दा इस प्रच्छाया शंकु के शीर्ष के आगे कहीं पर रखा जाता है तब उस पर केवल उपच्छाया ही बनती है। चित्र में प्रकाश का स्रोत क-ख, अपारदर्शक वस्तु ग से बड़ा है और पर्दा च-छ प्रच्छाया शंकु के बाहर है इसलिए पर्दे पर केवल उपच्छाया ही बनती है।

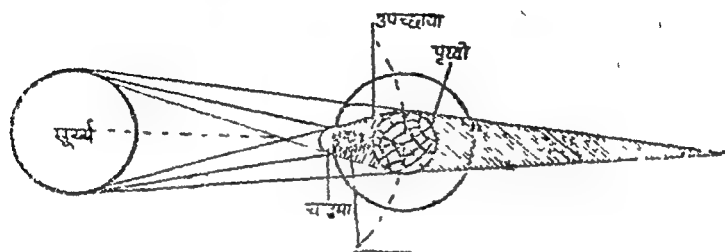
### ग्रहण (Eclipse)

प्रकाश की किरणों का सरल रेखाओं में गमन तथा उनके पथ पर अपारदर्शक वस्तु के आ जाने से छाया का बनना—इन्हीं कारणों से ग्रहण होता है।

#### सूर्यग्रहण

सूर्य प्रकाश का स्रोत है। चंद्रमा सूर्य के प्रकाश से प्रदीप्त होता है, वह स्वयं प्रदीप्त नहीं है। अपारदर्शक होने के कारण सूर्य की किरणें उसके

अंदर से पार नहीं हो सकती, इसलिए उसके पीछे एक छाया-शंकु बनती है। जब सूर्य, चंद्रमा तथा पृथ्वी एक ही सरल रेखा में आ जाते हैं और चंद्रमा, सूर्य तथा पृथ्वी के बीच आ जाता है तब चंद्रमा के पीछे जो छाया

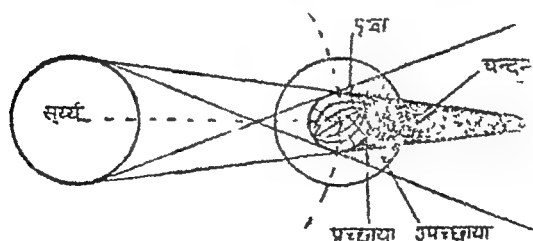


[ चित्र ७८—सूर्यग्रहण ]

बनती है, वह पृथ्वी पर गिरती है और तब सूर्य-ग्रहण होता है। पृथ्वी का जो अंश प्रच्छाया में पड़ेगा, वहाँ से सूर्य कतई दिखाई नहीं देगा। अतः वहाँ पूर्ण सूर्यग्रहण और जिस अंश पर उपच्छाया गिरेगी, वहाँ खंड ग्रहण होगा।

### चंद्रग्रहण

पृथ्वी भी एक अपारदर्शक वस्तु है और इसका अपना प्रकाश नहीं है। इसलिए, उसके पीछे भी छाया बनती है। धूमते-धूमते सूर्य, चंद्रमा और



[ चित्र ७९—चंद्रग्रहण ]

पृथ्वी जब कभी ऐसी स्थिति में आ जाते हैं कि पृथ्वी की छाया चंद्रमा पर गिरे तब उस समय चंद्रग्रहण होता है। चंद्रमा जब संपूर्ण रूप

से पृथ्वी की प्रच्छाया में आ जाता है, तब पूर्ण चन्द्रग्रहण होता है । जब चंद्रमा का केवल एक ही अंश प्रच्छाया में पड़ता है तब आंशिक चंद्रग्रहण होता है ।

चन्द्रग्रहण पूर्णिमा के दिन ही होता है । क्योंकि पूर्णिमा के दिन ही सूर्य और चन्द्रमा एक दूसरे के पूर्णतः सम्मुख होते हैं और पृथ्वी दोनों के बीच में होती है । जिस पूर्णिमा को तीनो एक सरल रेखा पर आ जाते हैं उस पूर्णिमा को पृथ्वी की छाया चन्द्रमा पर पड़ती है और चन्द्रग्रहण होता है ।

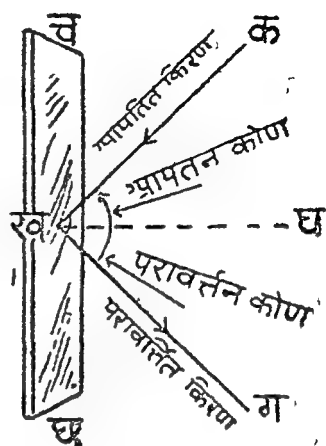


## प्रकाश का परावर्तन ( Reflection of light )

रबर के गेद को अगर समतल चबूतरे पर लंबरूप से जोर से पटका जाए तो वह चबूतरे से टकरा कर जिस रास्ते से आया था उसी पर ऊपर की ओर लौट जाएगा। लेकिन अगर गेद को तिरछा करके पटका जाए तो वह जिस रास्ते से आया उसकी विपरीत दिशा में उतना ही तिरछा होकर लौट जाएगा। ठीक इसी प्रकार प्रकाश की किरण जब दर्पण जैसी चिकनी सतह पर गिरती है तब उससे टकरा कर वापस लौटती है। चिकनी सतहों से टकराकर प्रकाश के इस प्रकार लौटने की क्रिया को प्रकाश का परावर्तन (reflection) कहते हैं। जो वस्तु जितनी चिकनी और पालिश की हुई होगी, उस पर गिरने वाला किरण-पुंज उतनी ही अच्छी तरह परावर्तित होगा। काँच के टुकड़े में हम अपना चेहरा नहीं देख सकते हैं, लेकिन उसके पीछे पारा लेपकर उसे अपारदर्शक बना देने से वह दर्पण बन जाता है और काँच की उस अपारदर्शक सतह से, जो काफी चिकनी होती है, किरणें टकराकर वापस लौट आती हैं। इस प्रकार हम प्रतिबिम्ब देख पाते हैं।

किसी सतह के जिस बिंदु पर किरण गिरती है उसे किरण का आपतन बिंदु (point of incidence) कहते हैं। जो किरण वहाँ गिरती है उसे आपतित किरण, गिरने की क्रिया को आपतन, टकरा कर लौटने वाली किरण को परावर्तित किरण, आपतन बिंदु पर वस्तु की सतह पर खींचे गये लंब के साथ आपतित किरण जो कोण बनाती है उसे आपतन कोण (angle of incidence), उस सतह के साथ, उस बिंदु पर खींचे गये लंब को अभिलंब (normal) और टकरा कर लौटने वाली किरण द्वारा इस अभिलंब के साथ बनाये गये कोण को परावर्तन कोण (angle of reflection) कहते हैं।

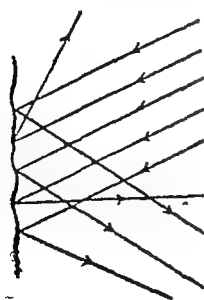
चित्र में च-छ सतह पर क-ख किरण आकर ख बिंदु पर आपतित होती है। आपतन बिंदु ख से टकरा कर किरण ख-ग रेखा पर लौट जाती है। क-ख को आपतित किरण और ख-ग को परावर्तित किरण कहा जाता है। च-छ के साथ ख बिंदु पर ख-घ लंब है। इसे अभिलंब कहते हैं। क ख घ कोण को आपतन कोण तथा ग ख घ कोण को परावर्तन कोण कहते हैं।  $\angle क ख घ$  तथा  $\angle ग ख घ$  समान होते हैं और क-ख, ख-ग और ख-घ एक ही तल में होते हैं। इस प्रकार वस्तु के चिकने समतल द्वारा परावर्तन को नियमित परावर्तन कहते हैं। परावर्तन दो नियमों के द्वारा नियंत्रित होता है। वे हैं—



[ चित्र ८०—परावर्तन ]

(१) आपतित किरण, परावर्तित किरण और अभिलंब एक ही तल में रहते हैं और दोनों किरणें विपरीत दिशा में अभिलंब के दोनों तरफ होती हैं।

(२) परावर्तन कोण हमेशा आपतन कोण के बराबर होता है अर्थात् आपतित किरण तथा परावर्तित किरण आपतन बिंदु पर अभिलंब के साथ समान कोण बनाती है।



[ चित्र ८१—अनियमित परावर्तन ]

अगर वस्तु की सतह समतल न होकर ऊँची-नीची, टेढ़ी-मेढ़ी हो तो उस पर गिरने वाली किरणें छितरा जाती हैं। इस प्रकार के परावर्तन को अनियमित परावर्तन कहते हैं। अनियमित परावर्तन से प्रतिबिम्ब नहीं बन पाता है। लेकिन किरणों के छितरा जाने के कारण उसके चारों ओर रोशनी बढ़ जाती है।



## प्रतिबिंब

जब एक बिन्दु से चलने वाली किरणों की दिशा परावर्तन द्वारा बदल जाती है जिसके कारण वे किसी दूसरे बिन्दु से आती हुई प्रतीत होती हैं, तब उस दूसरे बिन्दु को पहले बिन्दु का प्रतिबिंब (image) कहते हैं।

## दर्पण

जिस वस्तु का चिकना तल प्रकाश का नियमित परावर्तन करता है वह दर्पण कहलाता है। इस परिभाषा के अनुसार धातु का चिकना तल या एक प्याले में रखे हुए स्वच्छ पारे का तल भी दर्पण का काम करता है। इन सभी तलों के पीछे वस्तुओं का प्रतिबिंब बनता है। लेकिन व्यवहार के लिए चिकने समतल शीशे के पीछे पारा का लेप लगा कर दर्पण बनाया जाता है।

## वास्तविक (real) तथा आभासी (virtual) प्रतिबिंब

प्रतिबिंब दो प्रकार के होते हैं। एक तो वह है, जिसे हम सिनेमा आदि के पर्दे पर देखते हैं। इसे वास्तविक (real) प्रतिबिंब कहते हैं। दूसरा वह है जिसे हम आईने में देखते हैं—इसे आभासी (virtual) प्रतिबिंब कहते हैं।

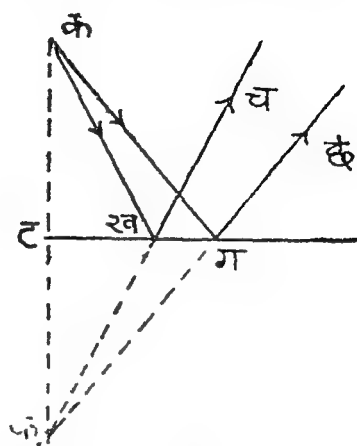
जब प्रतिबिंबित वस्तु के किसी बिन्दु से प्रकाश की किरणें निकल कर, किसी क्रिया से, अन्य किसी स्थान पर वास्तव में एकत्रित हो जाती हैं, तब उस स्थान पर उस बिन्दु का जो प्रतिबिंब बनता है उसे वास्तविक प्रतिबिंब कहते हैं। सिनेमा के फिल्म से निकलकर किरणें जब यंत्र की क्रिया से पर्दे पर एकत्रित होती हैं—उस समय पर्दे पर हम वास्तविक प्रतिबिंब देखते हैं। वास्तविक प्रतिबिंब साधारणतः उलटा होता है। सिनेमा में वस्तु ( फिल्म के चित्र ) को ही उल्टा रखा जाता है, इसलिए उसका प्रतिबिंब सीधा हो जाता है। इस प्रकार का प्रतिबिंब वस्तु से बड़ा, छोटा या बराबर हो सकता है और पर्दे पर उतारा जा सकता है।

जब प्रतिबिंबित वस्तु के किसी बिन्दु से प्रकाश की किरणें निकलकर, किसी क्रिया के फलस्वरूप, ऐसी मालूम होने लगती है कि किरणें प्रतिबिंबित वस्तु के बजाए प्रतिबिंब से ही आ रही हैं, तो ऐसे बने प्रतिबिंब को आभासी

प्रतिबिम्ब कहते हैं। आभासी प्रतिबिम्ब पर्दे पर उतारा नहीं जा सकता और साधारणतः सीधा होता है। वह वस्तु से छोटा या उसके समान होता है। समतल दर्पण से हमेशा आभासी प्रतिबिम्ब बनता है।

### समतल दर्पण द्वारा परावर्तन

किसी वस्तु से चलती हुई किरणें जब समतल दर्पण पर आपतित होकर परावर्तित होती हैं और परावर्तन के बाद हमारी आँखों में प्रवेश करती हैं, उस समय हम उस वस्तु के प्रतिबिम्ब (image) को देख पाते हैं। प्रतिबिम्ब दर्पण के पीछे, उतनी ही दूरी पर जितनी दूरी पर प्रतिबिम्बित वस्तु रखी है, सीधा दिखाई देगा। आँखों को ऐसा आभास होता है कि दर्पण से परावर्तित किरणें, दर्पण से नहीं बरन दर्पण के पीछे रखी हुई वस्तु से आ रही हैं।



[ चित्र ८२—समतल दर्पण में वस्तु से समान दूरी पर प्रतिबिम्ब का बनना ]

चित्र में क बिंदु पर एक वस्तु है जिसका प्रतिबिम्ब हम एक समतल दर्पण में देखते हैं। क बिंदु से आपतित किरणें क-ख तथा क-ग, परावर्तन के नियमानुसार, आपतन बिंदु ख और ग पर परावर्तित होकर ख-च तथा ग-छ पथों पर लौट आती हैं। अगर इन परावर्तित किरणों को दर्पण के पीछे बढ़ाया जाए तो दोनों परावर्तित किरणें दर्पण के पीछे स्थित क<sub>1</sub> बिंदु पर जा मिलती हैं। [ यही बिंदु क<sub>1</sub>, बिंदु का आभासी प्रतिबिम्ब होता है। ] अब, त्रिकोण क ख ग एव त्रिकोण क<sub>1</sub> ख ग सब तरह से एक दूसरे के बराबर हैं। क बिंदु का प्रतिबिम्ब आईने के पीछे क<sub>1</sub> बिंदु पर मालूम पड़ता है। यदि क को उसके प्रतिबिम्ब क<sub>1</sub> से एक सरल रेखा द्वारा मिलाया जाए तो हम पाएंगे कि इस रेखा क क<sub>1</sub> का मध्य बिंदु ट, ख तथा ग के साथ एक ही सरल रेखा पर है। नापने से मालूम होता है कि क ट तथा क<sub>1</sub> ट बराबर हैं। इससे यह प्रमाणित होता है कि किसी समतल दर्पण में बनने वाला प्रतिबिम्ब दर्पण की

उतनी ही दूर पीछे दिखलाई पड़ता है, जितनी दूर पर वस्तु दर्पण के सामने रखी होती है। यह प्रतिबिम्ब आभासी होता है क्योंकि यहाँ परावर्तित किरणें ख-च ग-छ वास्तव में क<sub>१</sub> से नहीं आ रही है।

निम्नलिखित प्रयोग से भी प्रतिबिम्ब के स्थान का निर्धारण और परावर्तन के नियमों का सत्यापन किया जा सकता है—

प्रयोग—लकड़ी की एक समतल पाटी पर एक ताव कागज को चारो कोने में पीन लगाकर बँठा दीजिए। कागज के बीच से एक लंबी सरल रेखा क ख खींचिए। एक समतल दर्पण लेकर उसे कागज के ऊपर लंब रूप में बँठा दीजिए ताकि उसकी कलाई की हुई परावर्तक सतह क-ख रेखा पर रहे। एक आलपीन ग लेकर दर्पण के सामने गाड़ दीजिए। दर्पण में आलपीन का प्रतिबिम्ब दिखाई पड़ेगा जो दर्पण के पीछे मालूम पड़ेगा। अब घ और च दो आलपीन लेकर उन्हें इस प्रकार गाड़िए कि च के पीछे आँख लगाकर देखने से तीनों आलपीनों के प्रतिबिम्ब एक सीध में दिखाई दें। दो और आलपीन ज और झ लेकर ऐसे बँठाइए कि उनके पीछे से देखने पर भी ग और उनके प्रतिबिम्ब सीध में दिखाई पड़ें। अब दर्पण को हटा लीजिए और प्रत्येक पीन के स्थानों को चिह्नित कर दीजिए। फिर घ-च ज, और झ से ऐसी सरल रेखाएँ खींचिए कि वे क ख रेखा को क्रमशः त, थ और द बिंदुओं में काटकर आगे बढ़ जाएँ और ठ बिंदु पर परस्पर मिल जाएँ। ग को त, थ और द से रेखा द्वारा मिला दीजिए और क-ख पर त-प, थ-फ और द-ब लंब खींचिए। ग-ठ को सरल रेखा खींच कर मिला दीजिए जो क-ख रेखा को न बिंदु पर काटेगी।

अब ग-त, ग-थ और ग-द रेखाएँ आपतित किरणों को और च-त, ज-थ और झ-द परावर्तित किरणों को दर्शाती हैं। त, थ और द आपतन बिंदु त-प, थ-फ और द-ब अभिलंब हैं।

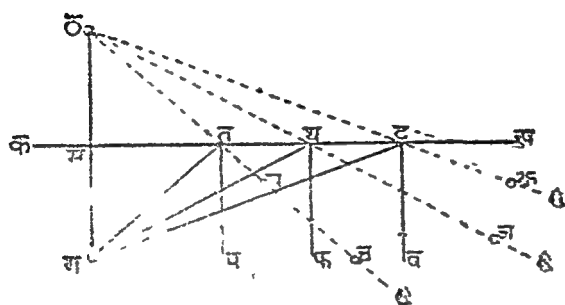
फिर मापकर देखिए तो मालूम पड़ेगा कि

आपतन  $\angle$  ग त प = परावर्तन  $\angle$  प त च

आपतन  $\angle$  ग थ फ = परावर्तन  $\angle$  फ थ ज

आपतन  $\angle$  ग द ब = परावर्तन  $\angle$  ब द झ

माप कर देखने से यह भी मालूम पड़ेगा कि ग-म=ठ-म। परावर्तित किरणों को दरसानेवाली रेखाएँ जाकर ठ बिंदु पर मिलती हैं। अतः ठ बिंदु आलपीन ग के प्रतिबिम्ब का स्थान दर्शाती है। साथ ही, ये समस्त रेखाएँ



[ चित्र ८३—परावर्तन सबधी प्रयोग ]

कागज के एक ही धरातल पर है। इससे प्रकाश के परावर्तन के तीनों नियम प्रमाणित हो जाते हैं —

१. आपतन कोण = परावर्तन कोण।

२. समतल दर्पण से बननेवाला प्रतिबिम्ब दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर बनता है जितनी दूरी पर प्रतिबिम्बित वस्तु हो।

३. आपतित किरण, परावर्तित किरण तथा अभिलव एक ही तल पर होते हैं।

### प्रतिबिम्ब का 'पार्श्व-परिवर्तन' (lateral inversion)

समतल दर्पण से बननेवाले प्रतिबिम्ब का पार्श्व बदला हुआ होता है। इसमें देखने से हमारा दाहिना हाथ बायाँ तथा बायाँ हाथ दाहिना लगता है। किताब को खोल कर दर्पण के सामने पकड़ने से मालूम पड़ता है कि उसमें लिखे हुए अक्षर बाएँ के बजाए दाहिने से आरम्भ हुए हैं और उलटे हैं। यह उलटा प्रतिबिम्ब आपतित किरणों के दिशा-परिवर्तन से होता है। इसे पार्श्व-परिवर्तन (lateral inversion) कहा जाता है। इसलिए छापेखाने के टाइपो पर बने हुए उल्टे अक्षरों को या टाइप-राइटर के उलटे अक्षरों को समतल आईने के सामने रखकर आसानी से पहचाना जा सकता है। हमारे

शरीर का साहिन जोर बायाँ भाग एक समान होने के कारण आँखों में एकसमान् देखने में प्रतिबिम्ब अथवा जैसे अमल-बमल उभरे हुए प्रतीत नहीं होने पर भी अमल में ऐसे ही होते हैं । साहिन हाथ हिलाने में प्रतिबिम्ब में हमारी बाईं जोर का हाथ हिलने परेगा, जब स्थान में देखने पर वही चलेगा कि प्रतिबिम्ब का पार्श्व-परिवर्तन क्या है ।

### दो समान्तर दर्पणों में प्रतिबिम्ब

यदि दो दर्पण अगले-आगे एक-दूसरे के समान्तर रहे जायें तो उनके बीच में रखी गई वस्तु के, मिलावट-प्रकार प्रतिबिम्ब बनते हैं । ऐसी उत्तरोत्तर प्रतिबिम्बों की असीम-सीमा प्रकट होती है जो एक समान्तर दृश्य प्रतिबिम्बों की सीमा मर्यादा ही देख पाते हैं । अगर की असीम-सीमा जितनी ही प्रकट होगी, बीच पड़ेवाले प्रतिबिम्बों की संख्या उतनी ही अधिक होगी ।



[ चित्र ८४—दो समान्तर दर्पणों में प्रतिबिम्ब का बनना ]

क-त जोर म-घ दो दर्पणों के बीच में रखा च या प्रतिबिम्ब क-त दर्पण के पीछे छ पर और म-घ दर्पण के पीछे ज पर बनते हैं । फिर छ का प्रतिबिम्ब झ सामने के म घ दर्पण के पीछे ज का प्रतिबिम्ब ट सामने के दर्पण क-त के पीछे बनते हैं । इस प्रकार में दोनों दर्पणों में उत्तरोत्तर अमर्याद प्रतिबिम्ब बनते जाते हैं ।

∴ च से दर्पण क-त की दूरी = छ से दर्पण क-त की दूरी

छ से दर्पण म-घ की दूरी = झ से दर्पण म-घ की दूरी

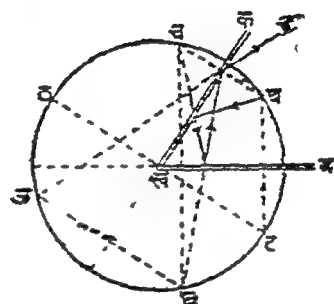
इसी प्रकार च से दर्पण म-घ की दूरी = ज से दर्पण म-घ की दूरी

ज से दर्पण क-त की दूरी = ट से दर्पण क-त की दूरी

परस्पर के साथ कोण बनाते हुए दर्पणों पर प्रतिबिम्ब

यदि दो समतल दर्पण परस्पर कोई कोण बनाते हुए रखे हों तो उनके बीच में रखी हुई वस्तु का, उन दर्पणों में बनते हुए प्रतिबिम्बों की संख्या दोनों दर्पणों के बीच के कोण पर निर्भर करती है।

क-ख और ग-ख दो दर्पण ख बिंदु पर मिलकर क ख ग कोण बनाते हैं। दोनों के बीच में घ वस्तु रखी हुई है। घ का एक प्रतिबिम्ब च, क-ख दर्पण के पीछे बनता है। च का प्रतिबिम्ब छ सामने दर्पण ग क के पीछे और छ का प्रतिबिम्ब ज सामने के दर्पण क-ख के पीछे बनेगा। इसी प्रकार घ का प्रतिबिम्ब ट, ग-ख दर्पण पर और फिर ट का प्रतिबिम्ब ठ सामने के दर्पण क-ख पर बनेगा। प्रत्येक प्रतिबिम्ब एक ही वृत्त की परिधि पर बनेगा। अंतिम प्रतिबिम्ब दोनों दर्पणों के पीछे बनते हैं और इसलिए फिर उसका परावर्तन नहीं हो सकता है। प्रतिबिम्ब की संख्या  $360 \div (\text{दोनों दर्पणों के बीच के कोण की माप}) - 1$  होता है। अर्थात् प्रतिबिम्ब की संख्या =



[ चित्र ८५—कोण बनाते हुए दर्पणों में प्रतिबिम्ब का बनना ]

$$\frac{360}{\text{दर्पणों के बीच का कोण}} - 1$$

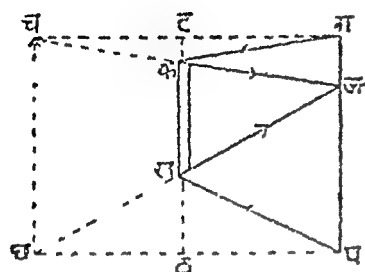
इस प्रकार अगर दोनों दर्पणों के बीच का कोण  $30^\circ$  हो तो

$$\begin{aligned} \text{प्रतिबिम्बों की संख्या} &= \frac{360}{30} - 1 \\ &= 12 - 1 \\ &= 11 \end{aligned}$$

कोण  $60^\circ$  होने से प्रतिबिम्बों की संख्या ५ हो जाएगी। अतः देखते हैं कि कोण जितना छोटा होगा, प्रतिबिम्बों की संख्या उतनी ही अधिक और जितना बड़ा होगा, प्रतिबिम्बों की संख्या उतनी ही कम होगी।

## दर्पण में मनुष्य का अपना संपूर्ण शरीर देखना

दर्पण की अल्पतम लंबाई में मनुष्य को अपने संपूर्ण शरीर का प्रतिबिम्ब देखने के लिए यह आवश्यक है कि शरीर के प्रत्येक बिंदु से आती हुई किरण रेखाएँ दर्पण के किसी-न-किसी बिंदु में परावर्तित होकर उसकी आँखों में आ जाए।



[ चित्र ८६—मनुष्य का अपना संपूर्ण शरीर देखना ]

अर्थात् ग बिंदु और घ बिंदु से आती हुई किरणें दर्पण के क और ख बिंदुओं से परावर्तित होकर ज और ज बिंदुओं से आती हुई नालूम पड़ती हैं। अतः दर्पण की लंबाई कम-से-कम क-ख होनी चाहिए।

दर्पण क-ख के तल के साथ ग-ज और घ-ज लंब खींचिए और इन्हें क्रमशः ज और ज तक बढ़ा दीजिए।

$\triangle$  ग ज ज में ज ख - ग ज, ज क = ज क अर्थात् क, ज ज का मध्य बिंदु है।

$\triangle$  ज ज ज में ज ख = ज ख, अर्थात् ख, ज ज रेखा का मध्य बिंदु है।

क-ख =  $\frac{1}{2}$  ग-ज, अर्थात् क-ख, ग-ज का आधा है।

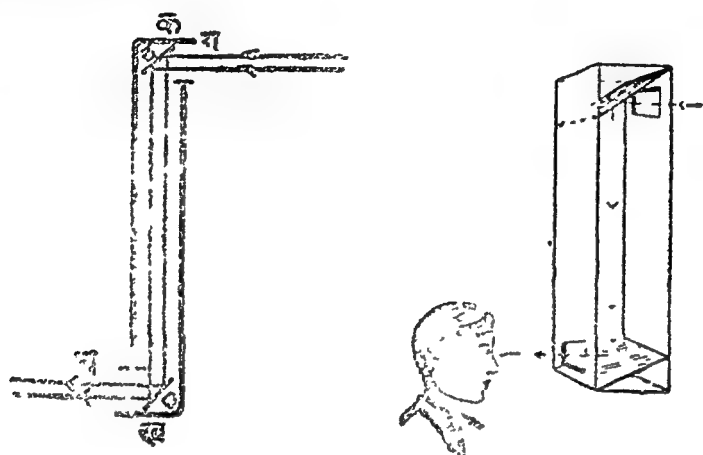
लेकिन क-ज ग-घ

$\therefore$  क ख, ग-घ का आधा है।

इस प्रकार हम देखते हैं कि मनुष्य के लिए अपने संपूर्ण शरीर का प्रतिबिम्ब देखने के लिए कम-से-कम उसकी आकृति की आधी लंबाई के समतल दर्पण की आवश्यकता होती है। मनुष्य दर्पण के पास रहे या दूर, इससे छोटे समतल दर्पण में अपने संपूर्ण शरीर को स्वयं नहीं देख सकता है।

## परिदर्शी (Periscope)

परिदर्शी की सहायता से आड़ में छिपकर ऊँची दीवार आदि के नीचे रहकर दीवार के उस पार के दृश्य को देखा जा सकता है। दो समतल दर्पणों द्वारा परावर्तन की क्रिया से यह संभव होता है।



[ चित्र ८७—परिदर्शी ]

लकड़ी या धातु-निर्मित लंबी नली के प्रत्येक सिरे पर एक-एक दर्पण उसकी दीवार के साथ  $45^\circ$  के कोण पर इस प्रकार लगाये जाते हैं कि वे परस्पर समांतर हों। आवश्यकतानुसार दर्पणों के बीच की दूरी घटाई-बढ़ाई जा सकती है। नली के ऊपर तथा नीचे, दोनों सिरों पर विपरीत दिशाओं में दर्पणों के सम्मुख दो खिड़कियाँ होती हैं।

क-ख नली है, जिसमें ग और घ खिड़कियाँ बनी हुई हैं। दोनों खिड़कियों के पीछे च और छ दो दर्पण नली की दीवार के साथ  $45^\circ$  कोण बनाते हुए और परस्पर समांतर में इस प्रकार से लगे हुए हैं कि प्रत्येक की परावर्तक सतह नली की खिड़की की ओर है। प्रतिविविध वस्तु से आती हुई किरणें ऊपर के च दर्पण पर गिरती हैं। दर्पण  $45^\circ$  कोण पर रखे होने के कारण किरणों का आपतन कोण  $45^\circ$  और परावर्तन कोण भी  $45^\circ$  होता है। इस प्रकार किरणें कुल  $90^\circ$  से मुड़कर सीधे नीचे की ओर चली जाती हैं और फिर वहाँ  $45^\circ$  कोण से लगा हुआ दर्पण छ पर  $45^\circ$  आपतन कोण और  $45^\circ$  परावर्तन कोण बनाकर तथा  $90^\circ$  में मुड़कर नीचे की खिड़की से



सीधे बाहर निकल आती है। अतः नीचे की खिड़की से देखने पर छ दर्पण पर घ दर्पण द्वारा प्रतिबिम्बित वस्तु दिखाई देती है।

इस यंत्र की सहायता से पनडुब्बी जहाज पानी के नीचे रहकर भी ऊपर की चीजें देख लेता है। घरे के अंदर होनेवाले खेल आदि देखने के लिए साधारण परिदर्शी का व्यवहार किया जाता है।

### बहु रूपदर्शी (Kaleidoscope)

बहु रूपदर्शी बच्चों का एक पिलौना होने पर भी चित्रकार नाना प्रकार की डिजाइन बनाने के लिए इसे काम में लाते हैं।

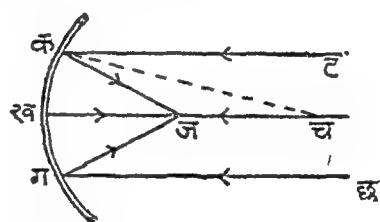
नत दर्पणों से उत्तरोत्तर परावर्तन के सिद्धांत के आधार पर इसे बनाया जाता है। तीन लंबे तथा कम चौड़े दर्पणों को परस्पर  $60^\circ$  के कोण पर झुकाकर जोड़ दिया जाता है और इस प्रकार से बने हुए त्रिभुजाकार खोल के एक निरे को घिरे हुए काँच में बंद कर दिया जाता है। फिर खोल के अंदर कुछ रंग-विरंगे काँच के छोटे-छोटे टुकड़े डालकर उसे दपती की एक नली के अंदर रख दिया जाता है और इस नली के दूसरे मुँह पर बीच में पतला गोल काँच लगा हुआ ढक्कन लगा दिया जाता है। काँच की इस खिड़की के पास आँख लगाकर देखने पर, अंदर एकत्रित रंगीन टुकड़ों का उत्तरोत्तर बना हुआ पाँच प्रतिबिम्ब एक साथ देखने को मिलता है। बहु रूपदर्शी को घुमाने में एकत्रित टुकड़ों की सजावट में परिवर्तन होकर नाना प्रकार की डिजाइने बनती रहती हैं।

### वक्रतल दर्पण

वक्रतल दर्पण कई तरह के होते हैं लेकिन जिसका साधारणतया व्यवहार होता है। वह गोलीय दर्पण है। यह धातु या काँच का बना हुआ होता है और दो प्रकार का होता है—अवतल दर्पण (Concave mirror) और उत्तल दर्पण (convex mirror)। अवतल दर्पण में प्रकाश का परावर्तन दर्पण की गोलीय सतह के पचके हुए तल या अवतल से होता है। उत्तल दर्पण में प्रकाश का परावर्तन इसके उभरे हुए तल या उत्तल से होता है।

वक्रतल दर्पण, चाहे वह अवतल हो या उत्तल, उसकी सतह किसी एक गोलीय-पृष्ठ का खंड होता है, जिसके केंद्र को गोलीय दर्पण का वक्रता केंद्र (centre of curvature) कहते हैं। दर्पण के गोलीय पृष्ठ (जो वृत्ताकर होता है) के मध्य बिंदु या केन्द्र को दर्पण का ध्रुव (pole of mirror) और इस बिंदु को वक्रता केंद्र से मिलाने वाली रेखा को मुख्य अक्ष (Principal axis) कहते हैं। मुख्य अक्ष के समांतर चलनेवाली किरणें, उस दर्पण द्वारा परावर्तित होकर मुख्य अक्ष के जिस बिंदु पर केन्द्रित होकर गुजरती हैं उसे दर्पण का मुख्य-फोकस (principal focus) तथा मुख्य-फोकस से ध्रुव की दूरी को फोकस दूरी (focal length) कहते हैं।

मान लिया जाए कि क ख ग एक अवतल दर्पण है जो एक बड़े गोलीय पृष्ठ का एक खंड है। गोले का केंद्र च है। इसलिए च वक्रतल दर्पण का वक्रता केंद्र (centre of curvature) है। दर्पण की वक्र सतह का मध्य बिंदु ख दर्पण का ध्रुव है तथा च ख वक्रता-व्यासाद्ध (radius of curvature) और साथ ही मुख्य-अक्ष है तथा अन्य सीधी रेखा, जो केवल वक्रता केंद्र च से गुजरे, किंतु ध्रुव ख से नहीं, उन्हें अप्रधान अक्ष (secondary axis) कहते हैं। मुख्य अक्ष के समांतर चलने वाली किरणें अवतल दर्पण द्वारा परावर्तित होकर मुख्य अक्ष के ज बिंदु पर केन्द्रित होती हैं। यह दर्पण का मुख्य-फोकस (principal focus) है। तथा मुख्य-फोकस से ध्रुव की दूरी ज ख फोकस-दूरी (focal length) है।



[ चित्र ८८—अवतल दर्पण द्वारा परावर्तन ]

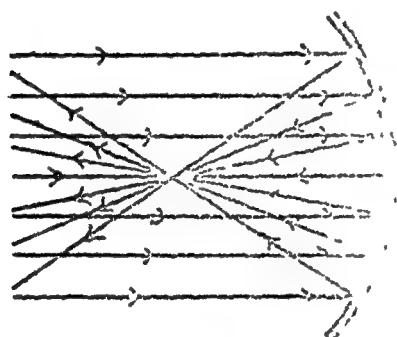
जब ट बिंदु की किरण दर्पण के मुख्य-अक्ष के समांतर रूप से आकर दर्पण के क बिंदु पर पड़ती है तब परावर्तन के नियमानुसार परावर्तित होकर मुख्य-फोकस ज बिंदु पर मुख्य अक्ष से मिलती है। रेखा च-क अभिलंब है, आपतन कोण ट क च है जो परावर्तन कोण च क ज के बराबर होगा। वक्रता-केंद्र च से किरण ख बिंदु से परावर्तित होकर अपने पूर्व पथ से ही लौट आती है और ज बिंदु पर परावर्तित किरणों से मिलती है। इस बिंदु पर परावर्तित

किरणें वास्तव में मिलती हैं इसलिए वह वास्तविक प्रतिबिम्ब बनता है। इस प्रकार  $\Sigma$  बिंदु का प्रतिबिम्ब ज पर ही होगा।

अवतल दर्पण में किसी वस्तु के प्रतिबिम्ब उस वस्तु की स्थिति के अनुसार भिन्न-भिन्न प्रकार के बनते हैं।

उदाहरण के लिए—

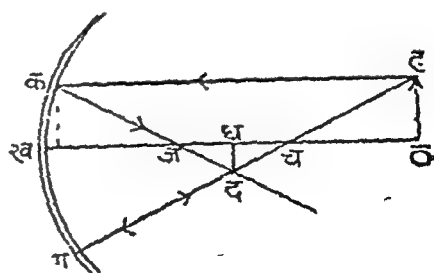
(१) जब वस्तु अनंत दूरी पर होती है—अनंत दूरी से आनेवाली किरणें मुख्य अक्ष के समांतर होती हैं। अवतल दर्पण पर ये सब परावर्तित होकर मुख्य फोकस पर केंद्रित होती हैं। इस कारण प्रतिबिम्ब आकार में बहुत छोटा, उलटा तथा वास्तविक होता है।



[ चित्र ८९—अवतल दर्पण पर अनंत दूरी से आनेवाली किरणों का परावर्तन ]

(२) जब वस्तु वक्रता-केंद्र के बाहर होती है—वक्रता केंद्र के बाहर से आनेवाली किरणों का प्रतिबिम्ब मुख्य फोकस और वक्रता केंद्र के मध्य में बनेगा तथा छोटे आकार का और वास्तविक होगा।

चित्र में  $\Sigma$ - $\Sigma$  एक वस्तु है जो अवतल दर्पण के  $\Sigma$  ग के वक्रता-केंद्र के बाहर है।  $\Sigma$  क किरण मुख्य अक्ष के समांतर आकर  $\Sigma$  बिंदु पर दर्पण से मिलती है। फिर परावर्तित किरण  $\Sigma$  के रूप में मुख्य फोकस ज बिंदु को छू कर लौटती है। एक दूसरी किरण  $\Sigma$  ग वक्रता-केंद्र से होकर दर्पण के  $\Sigma$  बिंदु पर समकोण बनाकर आप-वर्तित होती है और अपने पूर्व पथ पर लौट जाती है। ये दोनों परावर्तित किरणें  $\Sigma$  द तथा

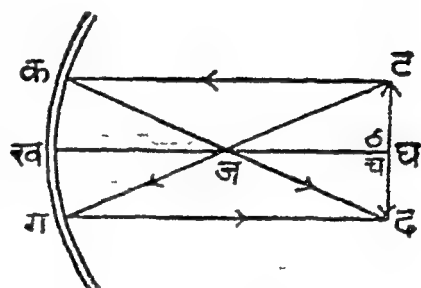


[ चित्र ९०—वक्रता-केंद्र के बाहर से आती हुई किरणों का परावर्तन ]

ग ट, द बिन्दु पर ट का प्रतिबिम्ब बनाती है। वस्तु का अन्य बिन्दु ठ मुख्य अक्ष पर होने के कारण, उसका प्रतिबिम्ब घ बिन्दु पर बनेगा। अब द घ को रेखा खींचकर मिला दिया जाए तो यह द-घ, ट ठ का प्रतिबिम्ब होगा तथा यह वास्तविक, उलटा और छोटा होगा।

(२) जब वस्तु वक्रता केंद्र पर होती ही है—वस्तु अगर दर्पण के वक्रता केंद्र पर ही हो तो प्रतिबिम्ब भी वक्रता केंद्र पर ही बनेगा। प्रतिबिम्ब आकार में समान, उलटा तथा वास्तविक होगा।

चित्र में ट क किरण मुख्य अक्ष के समांतर रूप में आकर क बिन्दु पर परावर्तित होकर क द रेखा से लौटती है। एक दूसरी किरण ट ग मुख्य फोकस ज से होकर दर्पण के ग बिन्दु पर आपतित होती है तथा ग द के रास्ते से लौटती है। ये दोनों परावर्तित किरणें द बिन्दु पर एक दूसरे को काटती हैं। इसलिए द बिन्दु पर ट बिन्दु का प्रतिबिम्ब बनेगा। ठ बिन्दु का प्रतिबिम्ब ऊपर दिए नियमानुसार घ बिन्दु पर बनेगा। इस प्रकार प्रतिबिम्ब वक्रता-केंद्र पर ही बनेगा तथा समान आकार का तथा उलटा होगा।

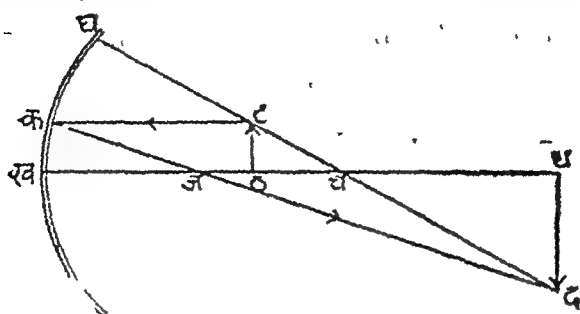


[ चित्र ९१ — वक्रता- केंद्र पर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब ]

(४) वस्तु अगर वक्रता-केंद्र तथा मुख्य फोकस के बीच में होती है—तो प्रतिबिम्ब वक्रता-केंद्र से बाहर बनेगा। प्रतिबिम्ब आकार में आवर्धित, वास्तविक और उलटा होगा।

इस अवस्था में ट क किरण मुख्य अक्ष के समांतर आकर क बिन्दु पर परावर्तित होकर क ज रेखा से लौटती है। एक दूसरी किरण रेखा ट घ, घ बिन्दु पर लम्ब रूप से गिरकर परावर्तित होकर अपने पूर्व पथ से ही लौट आती है। ये दोनों परावर्तित किरणें द बिन्दु पर एक दूसरे को काटती हैं।

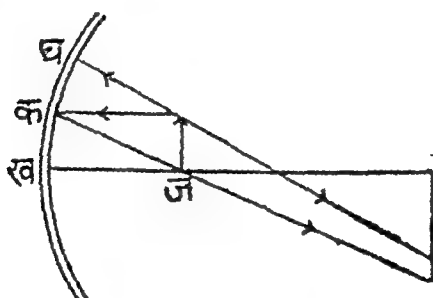
अतः द बिंदु का प्रतिबिंब द बिंदु पर होगा तथा ठ मुख्य अक्ष पर होने के



[ चित्र ६२—वक्रता-केन्द्र तथा मुख्य फोकस के बीच स्थित वस्तु का प्रतिबिंब ]

कारण उस बिंदु का प्रतिबिंब ध बिंदु पर होगा । इसलिए प्रतिबिंब आकार में बड़ा, वास्तविक और उलटा होगा ।

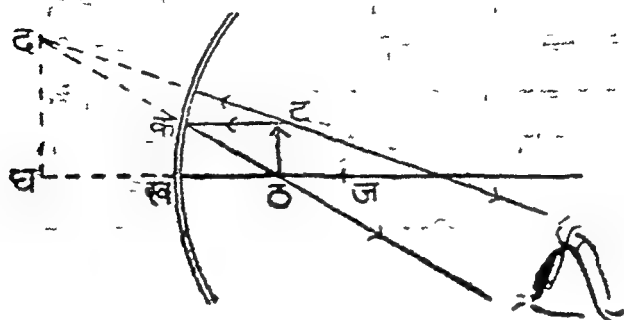
(५) जब वस्तु मुख्य फोकस पर होती है—वस्तु अगर मुख्य फोकस पर हो तो प्रतिबिंब अनंत दूरी पर बनेगा । इस अवस्था में जैसे चित्र में दिखाया गया है, आपतित किरणें दर्पण के क और घ बिंदु पर परावर्तित



[ चित्र ९३—मुख्य फोकस पर स्थित वस्तु का प्रतिबिंब ]

होकर जब लौटती हैं तब परस्पर लगभग समांतर हो जाती हैं । इस कारण प्रतिबिंब अनन्त दूरी पर बनता है । प्रतिबिंब बहुत ही बड़ा होता है ।

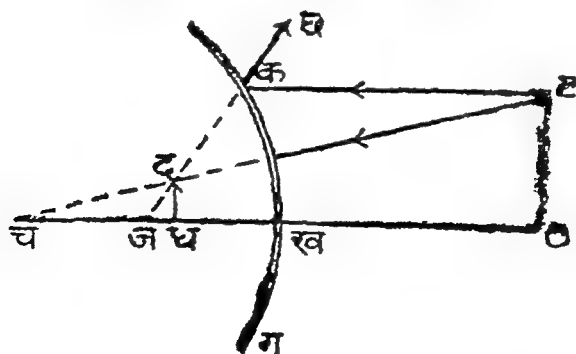
(६) वस्तु अगर मुख्य फोकस तथा ध्रुव के बीच में रहे—तो प्रतिबिम्ब आभासी, सीधा और आवर्धित होता है।



[ चित्र ६४—मुख्य फोकस तथा ध्रुव के बीच स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब ]

### उत्तल दर्पण द्वारा परावर्तन

इस दर्पण में परावर्तन तल उभरा हुआ होता है। इसमें प्रतिबिम्ब हमेशा वस्तु से छोटा होता है। वस्तु जितनी दूर होगी प्रतिबिम्ब उतना ही छोटा होगा। जब वस्तु दर्पण से सटी हो तब उसका प्रतिबिम्ब उसी के बराबर होगा। उत्तल दर्पण में प्रतिबिम्ब हमेशा आभासी और सीधा होता है। उत्तल दर्पण में विस्तृत कोण में स्थित और बहुत दूर की वस्तुओं के भी



[ चित्र ६५—उत्तल दर्पण द्वारा परावर्तन ]

प्रतिबिम्ब साफ दीख पड़ते हैं। इसलिए मोटर-चालक की दगल में इस प्रकार का एक दर्पण लगा रहता है जिसमें चालक पीछे की चीजें देख पाते हैं।

चित्र में किरण ट क मुख्य अक्ष के समांतर दर्पण के क बिंदु पर आपतित होती है और परावर्तन के बाद क छ पथ पर लौट जाती है। ट बिंदु से निकलने वाली दूसरी किरण दर्पण पर लंब रूप से गिरती है और परावर्तित होकर अपने पूर्व पथ से लौटती है। इन दोनों परावर्तित किरणों को दर्पण के पीछे रेखा खींचकर मिलाया जाए तो द बिंदु पर दोनों रेखाएँ एक दूसरे को काटती हैं, इसलिए किरणें द बिंदु से आती हुई प्रतीत होती हैं। अतः द बिंदु पर ट बिंदु का आभासी प्रतिबिंब बनता है। ठ मुख्य अक्ष पर होने के कारण द घ, ट ठ का प्रतिबिंब होगा। यह आभासी, सीधा तथा आकार में वस्तु से छोटा होगा।



## प्रकाश का वर्तन या अपवर्तन

### ( Refraction of light )

प्रकाश की किरणें जब एक पारदर्शक माध्यम से दूसरे पारदर्शक माध्यम में प्रवेश करती हैं, तब दोनों के संस्पर्श तल पर वह अपने पथ से विचलित हो जाती है। एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाते समय प्रकाश की किरण के पथ-परिवर्तन को वर्तन या अपवर्तन ( refraction ) कहते हैं। दूसरे माध्यम में पथच्युत किरण को वर्तित किरण कहा जाता है। किरण के वर्तन की दिशा दोनों माध्यमों के घनत्वों की भिन्नता पर निर्भर करती है, लेकिन लंब रूप से गिरने वाली किरण एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करने पर पथच्युत अर्थात् वर्तित नहीं होती है।

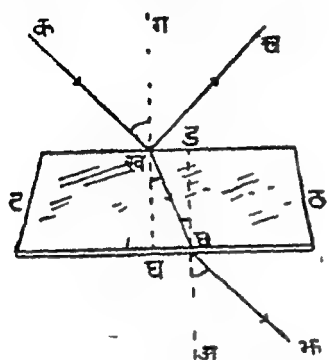
किरण जब विरल माध्यम से घने माध्यम में प्रवेश करती है, तब वह आपतन बिंदु से वर्तक सतह पर खींचे गये अभिलंब की ओर मुड़ जाती है। इसी प्रकार जब घने माध्यम से किरण विरल माध्यम में प्रवेश करती है, तब वह अभिलंब से दूर हट जाती है। वर्तित किरण अभिलंब के साथ जो कोण बनाती है उसे वर्तन कोण कहते हैं।

काँच का घनत्व वायु से अधिक है। इसलिए जब प्रकाश की किरण वायु से समांतर पार्श्वों वाली काँच की पट्टी के अंदर प्रवेश करती है तब वह वर्तित होकर अभिलंब की ओर मुड़ जाती है। फिर यह किरण जब काँच के दूसरे पार्श्व से निकल कर वायु में आती है, तब वह फिर से वर्तित होकर अभिलंब से दूर हट जाती है और अपने प्रथम पथ के समांतर पथ ग्रहण करती है। प्रकाश का वेग भिन्न-भिन्न माध्यमों में भिन्न-भिन्न होने के कारण ही एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाते समय प्रकाश की किरणें मुड़ जाती हैं।

चित्र में किरण क-ख वायु में चलकर काँच के माध्यम ट-ठ के अंदर प्रवेश करती है। आपतन बिंदु ख से काँच की सतह पर ग-ख अभिलंब खींचा



गया है और उसे घ तक बढ़ा दिया गया है। किरण क-ख का एक न्यून अंश काँच की सतह से परावर्तित होकर ख-घ दिशा में चली जाती है।



शेष अंश काँच के अंदर वर्तित होकर अभिलंब ग-ख की ओर झुककर ख-छ दिशा में जाता है। अर्थात् इस अवस्था में आपतन कोण क-ख-ग, वर्तन कोण घ-ख-छ से बड़ा होता है।

काँच के माध्यम से अल्प घन वायु के माध्यम में फिर से प्रवेश करते समय किरण ख-छ, छ बिंदु से वर्तित होकर उस बिंदु पर खींची गई अभिलंब

[ चित्र ६६—प्रकाश का वर्तन ]

रेखा छ-ज से दूर छ-झ दिशा में झुक जाती है। यदि काँच की सिल की यह सतह पहली सतह के समांतर हो तो किरण की यह नई दिशा उसकी प्रारंभिक दिशा क-ख के समांतर होती है। इस समय आपतन कोण ख-छ-ड, वर्तन कोण ज-छ-झ से छोटा होता है।

वर्तन के नियम

प्रकाश की किरणों का वर्तन भी परावर्तन जैसे कुछ नियमों के अनुसार होता है। निम्नलिखित नियमों के अनुसार प्रकाश का वर्तन होता है—

(१) आपतित किरण, वर्तित किरण तथा आपतन बिंदु से सामान्य सतह पर खींचा हुआ अभिलंब एक ही तल पर रहते हैं।

(२) आपतन कोण की ज्या ( $\sin$ ) तथा वर्तन कोण की ज्या का अनुपात एक स्थिरांक (constant) होता है। इस अंक को आवर्तनांक (refractive index) कहते हैं।

प्रयोग—एक लकड़ी की तख्ती के ऊपर एक ताव कागज को पीन से बैठा दीजिए। एक मोटा, आयताकार समांतर और समतल पार्श्वों वाली काँच की सिल लेकर उसे इस कागज पर रखिए और पेंसिल से उसके चारों ओर कागज पर उसकी सीमा रेखा खींच दीजिए। इस प्रकार से क-ख-ग-घ एक आयताकार चतुर्भुज बनेगा। काँच के एक ओर दो आलपीनो को दो ऐसे

विंदुओं च और छ पर बैठा दीजिए कि उनको मिलाती हुए - तिरछी सरल रेखा कांच को ज बिंदु पर स्पर्श करे। अब कांच की दूसरी ओर आंख रख कर च और छ के प्रतिबिम्बों को देखते हुए उनकी सीध में दो और आलपीन ट और ठ बिंदुओं पर ऐसी जगह बैठा दीजिए कि चारों आलपीनों च, छ, ट और ठ एक ही सरल रेखा में दिखाई पड़ें। यह सरल रेखा कांच के एक ओर ज तथा दूसरी ओर ड बिंदु पर स्पर्श करती है।

कांच को उठाकर च-छ-ज, ट-ठ-ड और ज-ड बिंदुओं को सरल रेखा खींच कर मिला दीजिए। क-ख रेखा पर ज बिंदु से ज क्ष लंब खींचिए और उसे नीचे की ओर ठ तक बढ़ा दीजिए। इस प्रकार से हम पाते हैं कि च-छ किरण ज बिंदु पर कांच पर आपतित होकर कांच के अंदर ज-ड दिशा में वर्तित होती है और फिर कांच के बाहर निकलते समय ड-ट दिशा में वर्तित हो जाती है। अर्थात् च-छ आपतित किरण, ज आपतन बिंदु, ज-ड कांच के अंदर वर्तित किरण और ड-ट कांच से फिर से वायु में जाते समय वर्तित किरण है। ज-क्ष अभिलंब च-ज-क्ष आपतन कोण, ड-ज-ठ वर्तन कोण हैं।

वायु और कांच दो विभिन्न घनत्वों के माध्यम हैं। इसलिए हम नाप कर पाते हैं कि आपतन कोण च-ज-क्ष तथा वर्तन कोण ड-ज-ठ समान नहीं है।

कांच का घनत्व वायु से अधिक है, इसलिए यहाँ वर्तित किरण ज-ड अभिलंब की ओर झुक गई है। ड बिंदु पर अभिलंब खींचने से भी हम देखेंगे कि आपतन कोण और वर्तन कोण समान नहीं है और सघन माध्यम से विरल माध्यम में चले जाने के कारण कांच से निकलते ही किरण अभिलंब से दूर हट गई है।

साथ ही, इस प्रयोग से यह प्रमाणित हो जाता है कि आपतित किरण च-ज आवर्तित किरण ज-ड तथा अभिलंब ज-क्ष सभी एक ही तल पर है।

इस प्रकार कई भिन्न-भिन्न आपतित किरणों के आपतन कोण की ज्या तथा उनके वर्तन कोण की ज्या के अनुपातों को देखने से हमें मालूम हो जाएगा कि वह एक निश्चित स्थिरांक है जो आपतन तथा वर्तन कोण पर निर्भर नहीं करता है बल्कि माध्यमों पर निर्भर करता है। अर्थात्

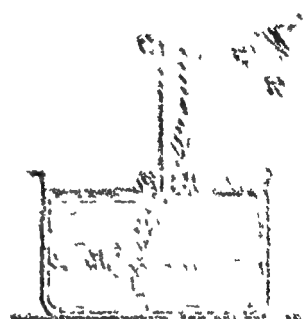
$$\frac{\text{आपतन कोण की ज्या}}{\text{आवर्तन कोण की ज्या}} = \text{आवर्तनांक}$$



一、政治

[illegible][illegible]

चित्र में हाँव के नीचे के क बिंदु से क-ख, क-ग दो किरणें निकल कर र और ग बिंदुओं पर पारु में प्रवेश करती हैं तथा वृत्तित होकर अक्षिरेख ख घ से दूर हट जाती है। ये किरणें अपनी नई दिशाओ ख च और ग र में चलकर आँखों में प्रवेश करती हैं और आँखों को प्रतीत होने लगता है कि पेर है।



[ चित्त ह.:-मात्मी की मर्यादा  
प्रकाश के स्रोत के कारण हम  
मात्रम पहुँचते ]

जल से पूर्ण पाल में एक छद्म का गुच्छ अंश निरूपण करने जूना मात्र प्रमे तो बगल से देखने से मालूम होगा कि छद्म का जिसका लक्षण पानी में ही पानी पानी की सतह से ऊपर की ओर मुड़ा हुआ है। यह भूविज्ञान की अकारण की किरणों के वर्तन के कारण होता है। अद्भुत के अद्भुत रूप, अथवा अकारण की किरणें पानी से विरल माध्यम वायु में प्रवेश करने समय अपभ्रंश से मुड़ा जाती हैं और मुड़कर हमारी आँखों में आती हैं। अथवा हम अद्भुत के अद्भुत अंश को टेढ़ा तथा सटा हुआ देखते हैं।

आवर्तन के  
मात्रम इन्हीं हैं ।

से विरल माध्यम वायु में आती हैं ; वैसे ही अपने पथ से मुड़ जाती हैं और आँखों को प्रतीत होने लगता है कि वस्तु इन मुड़ी हुई किरणों की सीध में है। लेकिन, छड़ को सीधा लंब रूप से डुबाने पर छड़ मुड़ी हुई तो नहीं दीख पड़ेगी, लेकिन पानी में डूबे हुए अंश की लंबाई वास्तविक लंबाई से कम मालूम पड़ेगी।

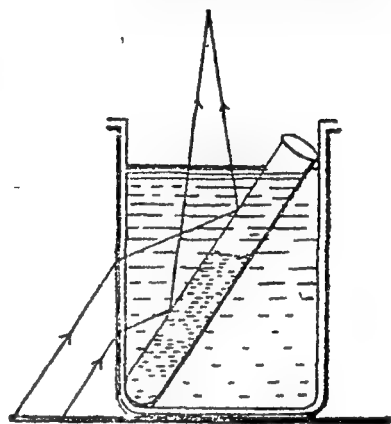
**प्रयोग**—एक कटोरी में एक रुपया रखकर उसे आँखों के सामने इस प्रकार पकड़िए कि रुपया कटोरी के किनारों द्वारा आँखों से बस ओझल भर रहे। अब धीरे-धीरे कटोरी में पानी डालकर उसे भर देने से वह रुपया दिखाई देने लगता है। क्योंकि रुपये से आनेवाली किरणें पानी से निकलते समय मुड़ जाती हैं और रुपया ऊपर उठा हुआ दिखाई पड़ता है। इस प्रकार पानी के अंदर की चीजें हमें असली गहराई पर न दिखाई देकर कुछ कम गहराई पर स्थित दिखाई देती हैं।

शून्य अंतरिक्ष से वायुमंडल में प्रवेश करते समय किरणों का आवर्तन होता है और इस कारण आकाशीय पिंडों को हम उनके वास्तविक स्थान पर नहीं देखते हैं। तारे आदि अपने वास्तविक स्थान से कुछ ऊपर दीख पड़ते हैं और क्षितिज के ऊपर आने के कुछ पहले और क्षितिज से नीचे जाने के कुछ बाद तक हम सूर्य को देख पाते हैं।

### संपूर्ण परावर्तन ( Total reflection )

जब सघन माध्यम से प्रकाश की किरणें विरल माध्यम में प्रवेश करती हैं, उस समय आपतन कोण की अपेक्षा आवर्तन कोण अधिक बड़ा होता है। आपतन कोण जितना बड़ा होगा आवर्तन कोण भी उस अनुपात में बड़ा होगा। इस प्रकार आपतन कोण को बढ़ाते रहने पर ऐसी एक स्थिति पैदा होगी जब आवर्तन कोण इतना बड़ा होगा (यानी  $90^\circ$  और इससे अधिक) कि किरणें आवर्तित होकर विरल माध्यम में न जाकर उस सघन माध्यम में ही लौट आएँगी। ऐसी अवस्था को संपूर्ण परावर्तन कहते हैं। जब बढ़ते-बढ़ते आवर्तन कोण  $90^\circ$  हो जाता है उस समय सघन माध्यम में उसके आपतन कोण को क्रांतिक कोण ( Critical angle ) कहते हैं। संपूर्ण परावर्तन के समय जो प्रतिबिंब दिखाई पड़ता है वह काफी चूत्तिमान होता है।

एक परखनली का आधा पानी से भर कर उसे जल से-भरे बीकर में रख देने से परखनली का वह अंश जिसमें केवल वायु है, काफी चमकीला मालूम देता है। ऐसा होने का कारण यह है कि पानी से परखनली में प्रवेश करती हुई किरणों का परखनली के अंदर की वायु की सतह पर संपूर्ण परावर्तन हो जाता है और पानी तथा वायु को पृथक् करनेवाली सतह एक बहुत अच्छे दर्पण का काम करने लगती है। हीरा का आवर्तनांक २२ है और इसका क्रांतिक कोण बहुत छोटा है। इसलिए हीरे के अंदर प्रकाश का बार-बार संपूर्ण परावर्तन होता है जिसके कारण हीरा च्युतिमान दिखाई पड़ता है।

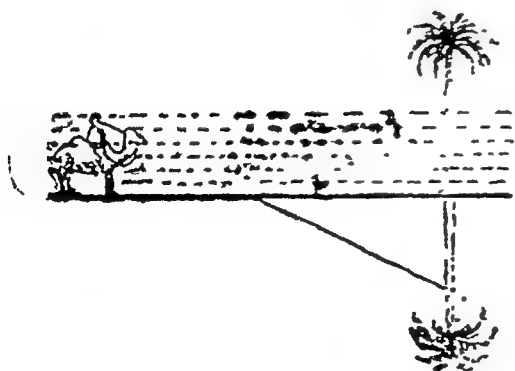


[ चित्र ९६—संपूर्ण परावर्तन ]

प्रकाश के संपूर्ण परावर्तन के कारण भी कई प्रकार के दृष्टि-भ्रम होते हैं।

### मरीचिका ( mirage )

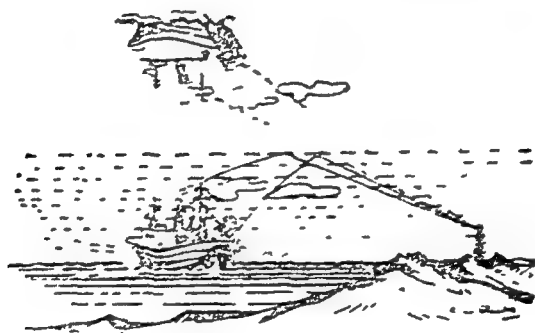
मरुस्थलो में मृग-तृष्णा या मरीचिका ( mirage ) किरणों के संपूर्ण परावर्तन के कारण ही दिखाई पड़ती है। गरमी के कारण मरुस्थलो की वलुआही जमीन अत्यधिक तप्त हो जाती है और जमीन के निकट की वायु भी तप्त होकर फैल कर हलकी होकर प्रसारित हो जाती है और उसका घनत्व कम हो जाता है। जैसे-जैसे ऊपर जाया जाता



[ चित्र १००—मरीचिका ]

है वैसे-वैसे वायु का तापमान कम होता जाता है और घनत्व बढ़ता जाता है। इस प्रकार भूमि के पास ही वायु में विभिन्न घनत्व के कई स्तर बन जाते हैं। दूर स्थित पेड़-पौधों से आनेवाली तिरछी किरणें वायु के क्रमशः घटते हुए घनत्व वाले स्तरों से आवर्तित होती हुई अंत में किन्हीं दो स्तरों की सामान्य सतह पर क्रांतिक कोण पर आपतित होती हैं, जहाँ उनका संपूर्ण परावर्तन हो जाता है। पेड़-पौधों का उलटा प्रतिबिम्ब देख कर यात्रियों को ऐसा भ्रम होता है कि ये पेड़-पौधे किसी तालाब या जलाशय के किनारे पर हैं।

ठंडे इलाकों में पानी की सतह के ऊपर की वायु सबसे अधिक ठंडी और सघन होती है और ज्यो-ज्यो ऊपर जाते हैं त्यो-त्यो ठंडक और घनत्व घटता जाता है। इसलिए ऊपर के स्तरों से किरणों का संपूर्ण परावर्तन होता है।



[ चित्र १०१—आकाश में जहाज आदि का उलटा प्रतिबिम्ब ]

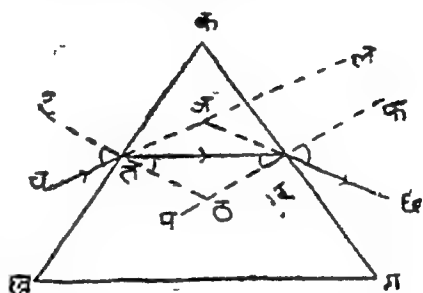
और समुद्र-स्थित नाव, जहाज आदि का उलटा प्रतिबिम्ब आकाश में लटकता दिखाई पड़ता है।

### प्रिज्म ( Prism )

त्रिभुजाकार आधार पर तीन आयताकार तलों से मिलकर बने हुए किसी पारदर्शक ठोस को प्रिज्म कहते हैं। प्रिज्म के जिस कोर पर कोई भी दो आयताकार तल मिलते हैं उसे प्रिज्म का कोर (edge of the prism) कहते हैं। किन्हीं दो आयताकार तलों के बीच के कोण को प्रिज्म का

कोण ( angle of the prism ) कहते हैं। प्रिज्म का आधार ( base ) तथा उसके समांतर ऊपर का तल त्रिभुजाकार होते हैं।

प्रिज्म से गुजरती हुई किरणों का दो बार आवर्तन होता है। चित्र में ख क ग एक प्रिज्म का अनुप्रस्थ परिच्छेद है। क प्रिज्म का कोर और  $\angle$  ख क ग प्रिज्म का कोण है। च त किरण प्रिज्म के क ख तल के त बिंदु पर आपतित होती है तथा आवर्तित होकर प्रिज्म के अंदर त र के पथ पर चलती है। र पर प्रिज्म के क ग तल पर फिर से आवर्तित होकर र छ पथ पर बाहर निकल आती है। इस तरह प्रिज्म में से गुजरती हुई किरण का दो बार आवर्तन होता है। प्रिज्म के वे दो तल, क ख और क ग, जहाँ से किरण भीतर जाती है और बाहर निकलती है, आवर्तक पार्श्व कहलाते हैं। अगर आपतित किरण च त को ल तक रेखा खींच कर प्रिज्म के भीतर बढ़ा दिया



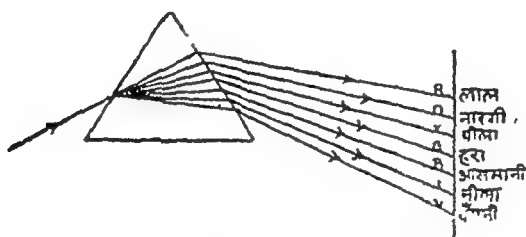
[ चित्र १०२—प्रिज्म में वर्तन ]  
जाए तथा निर्गत किरण को भी प्रिज्म के अंदर रेखा खींच कर बढ़ा दिया जाए तो ये दोनों रेखाएँ ज बिंदु पर मिलती हैं। आपतित किरण और निर्गत किरण के बीच के इस कोण छ ज ल को आपतित किरण का विचलन कोण ( angle of deviation ) कहते हैं। त और र बिंदु पर ट ठ तथा प फ दो अभिलंब खींचने पर ठ बिंदु पर दो अभिलंब मिलते हैं। अब यह मालूम हो जाएगा कि किरण च त प्रिज्म के अंदर घुसने पर अभिलंब ट ठ के तरफ थोड़ी झुक गई है तथा बाहर निकलते समय किरण र छ, अभिलंब प फ से थोड़ी दूर हट गई है। इसका कारण यह है कि प्रिज्म कांच के होने के कारण उसका घनत्व उसके चारों ओर वाले माध्यम वायु के घनत्व से अधिक होता है। इसलिए अंदर जाने वाली किरण आवर्तित होने पर अभिलंब की ओर झुक जाती है। फिर जब किरण प्रिज्म से बाहर वायु में अर्थात् अधिक सघन माध्यम से कम सघन माध्यम में निकल आती है तब आवर्तित होकर अभिलंब से दूर हट जाती है। इस कारण दो बार आवर्तित होकर



प्रिज्म से निकलने पर वर्तित किरणें उसके आधार (base) की ओर मुड़ जाती हैं।

### प्रकाश विक्षेपण (Dispersion of light)

प्रिज्म द्वारा आवर्तित श्वेत किरणों को एक पर्दे पर गिराने से हमें उसमें सात रंग स्पष्ट दिखाई पड़ेंगे। ये सात रंग इस प्रकार हैं :—(१) बैंगनी (violet), (२) नीला (indigo), (३) आसमानी (blue), (४) हरा (green), (५) पीला (yellow), (६) नारंगी (orange) और (७) लाल (red) इन रंगों के हिन्दी और अंग्रेजी नामों के प्रथम अक्षरों के मिलाने से क्रमशः बैंगनीआहपीनाला और VIBGYOR शब्द बनते हैं। इनमें से किसी को याद रखकर श्वेत प्रकाश में वर्तमान सात रंगों के नामों



[ चित्र १०३—प्रिज्म द्वारा प्रकाश-विक्षेपण ]

आसानी से याद रखे जा सकते हैं। प्रिज्म द्वारा आवर्तित श्वेत प्रकाश इस प्रकार विक्षेपित हो जाता है कि उसके अंदर के ये रंग जो अन्य अवस्था में दृष्टिगोचर नहीं होते हैं—दिखाई देने लगते हैं। ऐसा इसलिए होता है कि प्रिज्म में आवर्तन के समय विभिन्न रंगों की किरणें विभिन्न परिमाणों से विचलित होती हैं। इस प्रकार विभिन्न रंगों की किरणों के, वर्तन के फलस्वरूप, विभिन्न परिमाणों में मुड़ने के कारण, प्रकाश विक्षेपित हो जाता है और हमें सात रंगों का स्पेक्ट्रम (spectrum) देखने को मिलता है। स्पेक्ट्रम के इन सात रंगों के प्रकाश को फिर से मिला देने से श्वेत प्रकाश प्राप्त होता है।

### इन्द्रधनुष (Rainbow)

सूर्य की किरणों में सात रंग हैं। प्रिज्म द्वारा इन्हें अलग किया जा सकता है। वरसात के दिनों में आसमान में जो इन्द्रधनुष प्रकट होता है

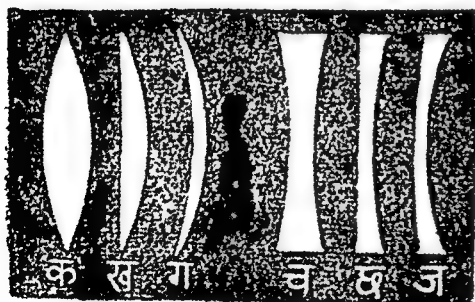
उसके सात रंग, सूर्य की श्वेत किरणों के वर्ण-विक्षेपण के फल हैं। इन्द्रधनुष उसी समय देखा जा सकता है जब सामने बादल और पीछे सूर्य हों। इसलिए इन्द्रधनुष दोपहर को नहीं दिखाई देता—केवल, मुबह या सूर्यास्त के पहले इसे देखा जाता है। मेघस्थ जल-कणों से आवर्तित होकर निकलने पर सूर्य की किरणें स्पेक्ट्रम के सात रंगों में विक्षेपित हो जाती हैं। इसलिए इन्द्रधनुष में भी वे ही सात रंग दीख पड़ते हैं जो ग्रिम के श्वेत स्पेक्ट्रम में।

## लेंस ( Lens )

दो गोलीय (या एक गोलीय और दूसरा समतल) तलों से परिवद्ध किसी पारदर्शक माध्यम को लेंस कहते हैं। लेंस साधारणतः काँच का बना होता है। चश्मे का शीशा समतल काँच का टुकड़ा नहीं है, पर एक प्रकार का लेंस है।

लेंस प्रधानतः दो प्रकार के होते हैं। एक श्रेणी के लेंस को उत्तल (convex) या अभिसारी (convergent lens) लेंस कहते हैं। ऐसा लेंस किनारों की अपेक्षा बीच में अधिक मोटा होता है तथा समांतर किरणें इस पर आपतित होकर मुख्य अक्ष (principal axis) के एक बिंदु पर केन्द्रित हो जाती हैं। इस बिंदु को लेंस का मुख्य फोकस (principal focus) कहते हैं। दूसरी श्रेणी के लेंस को अवतल (concave) या अपसारी (divergent) लेंस कहते हैं। ऐसा लेंस किनारों की अपेक्षा बीच में पतला होता है और समांतर किरणें इससे आवर्तित होकर प्रधान अक्ष से दूर हट जाती हैं यानी समांतर किरण-पुंज आवर्तित होकर अपसारी किरण-पुंज बन जाता है।

लेंस में दोनों तल गोलीय या एक गोलीय तथा दूसरा समतल हो सकते हैं। इस प्रकार से छह तरह के लेंस हो सकते हैं। चित्र में क ख ग तीन तरह



के उत्तल लेंस हैं। इन्हें क्रमशः

द्विउत्तल (convexo-convex), समतलोत्तल (plano-convex) तथा उत्तलावतल (convexo-concave) लेंस कहते हैं। इस प्रकार च छ ज को क्रमशः द्विअवतल (concavo-concave), समतलोवतल (plano-concave) तथा अवतलोत्तल (concavo-convex) लेंस कहते हैं।

[ चित्र १०४—विभिन्न प्रकार के उत्तल तथा अवतल लेंस ]

लेंस के दोनो तल गोलीय होने से चित्र में दिखाये गए क, ग तथा च, ज जैसे लेंस बनते हैं। परंतु इसका एक तल समतल और दूसरा गोलीय होने से ख तथा छ जैसे लेंस बनते हैं।

इस प्रकार उत्तलोत्तल लेंस के दोनो तल उत्तल, समतलोत्तल लेंस के एक तल उत्तल तथा एक तल समतल और उत्तलावतल लेंस के एक तल उत्तल तथा दूसरा तल अवतल होते हैं। किंतु प्रत्येक की मोटाई बीच में महत्तम होती है। उसी प्रकार उभयावतल लेंस के दोनो तल अवतल, समतलावतल लेंस के एक तल अवतल तथा दूसरा तल समतल और अवतलोत्तल लेंस के एक तल अवतल और एक तल उत्तल होते हैं। किंतु प्रत्येक की मोटाई बीच में न्यूनतम होती है।

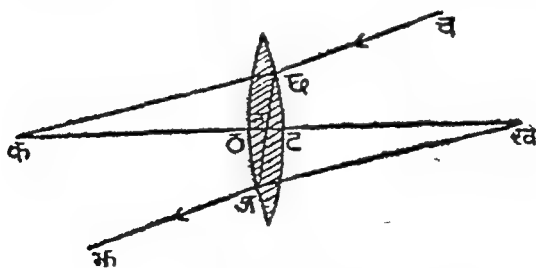
**लेंस का मुख्य अक्ष**

अगर लेंस के दो तल गोलीय हैं तो इसकी दो वक्रता-केंद्रों को मिलाने वाली रेखा को लेंस का मुख्य-अक्ष कहते हैं।

अगर लेंस का एक तल गोलीय है तथा दूसरा समतल है तो उसका मुख्य अक्ष वह रेखा होगी जो गोलीय तल के वक्रता-केंद्र से गुजरती है तथा समतल पर लंबरूप (perpendicular) होती है।

**लेंस का प्रकाशीय केंद्र (Optical centre of lens)**

जब लेंस से वर्तन के बाद निर्गत (emergent) किरण आपतित किरण के समांतर हो तब यह किरण लेंस के अंदर, लेंस के मुख्य अक्ष को



[ चित्र स० १०५—लेंस का प्रकाशीय केंद्र ]

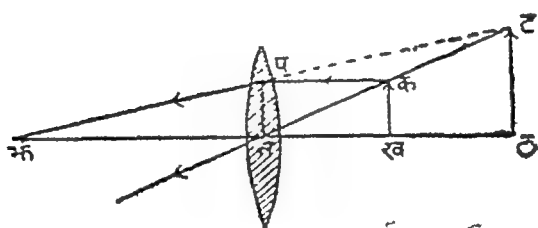
जिस बिंदु पर काटती है, वह उस लेंस का प्रकाशीय केंद्र है। चित्र में किरण च छ लेंस की पहली सतह से वर्तित होकर लेंस के अंदर छ ज पथ



उस बिंदु से आती हुई प्रतीत होती है तो प्रतिबिम्ब आभासी (virtual) तथा सीधा होता है।

चित्र १०६ में क ख एक वस्तु है जो लेंस के मुख्य फोकस ज से अधिक दूरी पर है। क बिंदु से निकली किरणें क प तथा क फ लेंस की दूसरी ओर ठ बिंदु पर मिलती हैं तथा क बिंदु का प्रतिबिम्ब ठ बिंदु पर बनता है। इस प्रकार ख बिंदु का प्रतिबिम्ब ट बिंदु पर बनता है। न लेंस का प्रकाशीय केन्द्र है। इस स्थिति में वस्तु का प्रतिबिम्ब वास्तविक तथा उलटा होता है।

जब वस्तु उत्तल लेंस के मुख्य फोकस तथा लेंस के बीच में कही हो तो प्रतिबिम्ब आभासी, सीधा तथा वस्तु की अपेक्षा बड़ा होगा।



[ चित्र १०७—उत्तल लेंस से बना आभासी प्रतिबिम्ब ]

चित्र में क ख वस्तु का प्रतिबिम्ब ट ठ आभासी तथा आवर्धित है। जब उत्तल लेंस का व्यवहार इस प्रकार किया जाता है तब उसे आवर्धक लेंस (magnifying glass) कहते हैं।

आवर्धक लेंस

यह उत्तल लेंस का बना होता है और छोटी वस्तुओं को देखने के लिए इसका व्यवहार होता है। सूक्ष्म वैज्ञानिक कामों के लिए अच्छे-अच्छे संयुक्त सूक्ष्मदर्शी यंत्र (compound microscope) बनाने में या दूरदर्शक (telescope) बनाने में भी यह काम आता है। छोटे-छोटे अक्षरों को पढ़ने के लिए चश्मों में इस प्रकार के लेंस का व्यवहार होता है। अगर वस्तु लेंस के फोकस पर हो तो उसका प्रतिबिम्ब दिखाई नहीं पड़ेगा; क्योंकि उसका प्रतिबिम्ब अनंत दूरी पर होगा। इस कारण आवर्धक लेंस से अक्षरों

को पढ़ने के लिए उसको ऊपर-नीचे हटाकर अक्षर को लेंस से उचित दूरी पर ले आने से बड़ा तथा साफ अक्षर दिखाई देता है ।

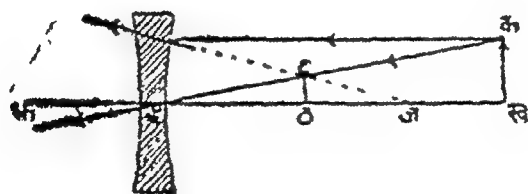
### आवर्धक लेंस द्वारा आग जलाना

हम पहले ही देख चुके हैं कि आवर्धक लेंस द्वारा सूरज की किरणों को केंद्रित कर देने से उन किरणों की ऊष्मा भी केंद्रित हो जाती है और इससे इतनी गरमी पैदा होती है कि उसकी सहायता से आग जलायी जा सकती है ।

**प्रयोग—**इस प्रकार एक उत्तल लेंस द्वारा सूर्य की किरणों को कागज के टुकड़े पर केंद्रित कीजिए । कागज के जिस बिंदु पर किरणें केंद्रित होती हैं वह तप्त होकर जलने लगता है और उसकी लौ से सारा कागज जल उठता है । किरणें लेंस के फोकस पर केंद्रित होती हैं ।

### अवतल लेंस द्वारा प्रतिबिंब बनाना

अवतल लेंस द्वारा वस्तु का प्रतिबिंब सदा आभासी तथा सीधा और ह्रासित होता है ।



[ चित्र १०८—अवतल लेंस से प्रतिबिंब बनना ]

## नेत्र ( Eye )

नेत्र या आँख प्राणियों की वह इंद्रिय है जिसकी सहायता से वे देखते हैं। नेत्र के बिना प्रकाश के साथ हमारा परिचय नहीं हो सकता है। नेत्र की सहायता से ही हमें वस्तुओं के रूप, रंग, आकार आदि से परिचय होता है। नेत्र की यह शक्ति, जिसके चलते हम देख सकते हैं, दृष्टि शक्ति कहलाती है।

नेत्र को अपने खोल, जिसे नेत्र-कोटर ( **eye-socket** ) कहते हैं, से निकालकर देखने से मालूम होगा कि वह गोल और खोखला है। अपने खोल के अंदर, ऊपर-नीचे लगी हुई पेशियों तथा तंतुओं की सहायता से, आँख इधर-उधर हिल सकती है। आँख में निम्नलिखित मुख्य भाग होते हैं :—

### श्वेत पटल तथा रंजित पटल ( **Sclera and choroid** )

नेत्र गोलक ( **eye ball** ) की ऊपरी सतह की मोटी, सफेद, कठोर तथा अपारदर्शक तह को श्वेत पटल कहते हैं। श्वेत पटल अपारदर्शक होने के साथ-साथ नेत्र गोलक को आघातों से भी बचाता है। श्वेत पटल की निचली सतह पर की काली रंग की पतली झिल्ली को रंजित पटल कहते हैं।

### कॉर्निया या स्वच्छ मंडल ( **Cornea** )

नेत्र के सामने उभरे हुए पारदर्शक अंग को कॉर्निया या स्वच्छ मंडल कहते हैं।

### आइरिस तथा तारा ( **Iris and pupil** )

कॉर्निया के ठीक पीछे एक अपारदर्शक झिल्ली का परदा रहता है। इसे आइरिस कहते हैं। विभिन्न देशों के तथा विभिन्न जाति के लोगों के आइरिस का रंग भिन्न-भिन्न होता है। भारत में अधिकांश लोगों के आइरिस का रंग काला होता है। आइरिस के मध्य भाग में एक गोल छिद्र होता है। इसे तारा ( **pupil** ) कहते हैं। पेशियों तथा तंतुओं की सहायता से तारा के आकार को छोटा-बड़ा किया जा सकता है। तारा में से होकर प्रकाश नेत्र में



प्रवेश करता है। प्रकाश की तीव्रता के अनुसार वह अपने आप छोटा-बड़ा हो जाता है। कम प्रकाश में तारा बड़ा होता है और अधिक प्रकाश में छोटा।

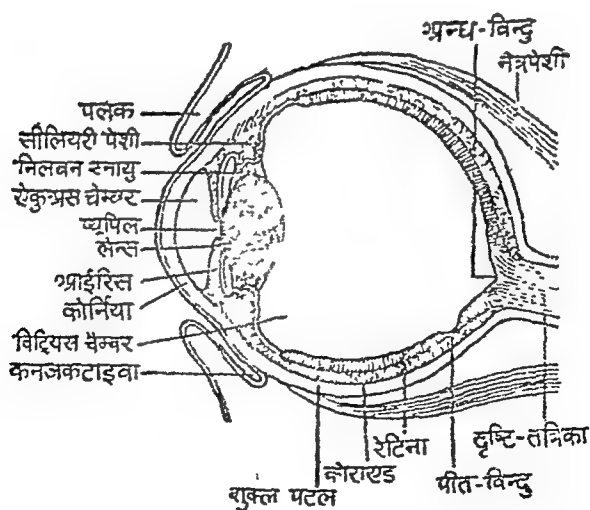
### लेंस ( Lens )

तारा के पीछे की ओर नेत्र का लेंस होता है। नेत्र का लेंस द्विउत्तल लेंस जैसा होता है। यह दो किनारों से लिगामेंट द्वारा रंजित पटल के साथ बंधा हुआ होता है।

### रेटीना या दृष्टिपटल ( Retina )

नेत्र गोलक की दीवार के सबसे भीतरी परत को, जो एक परदा-सा होता है, दृष्टिपटल कहते हैं। दृष्टिपटल पर बाहरी वस्तु के प्रतिबिंब बनते हैं। दृष्टिपटल के तल पर दृष्टि तंत्रिकाएँ (optic nerves) फैली हुई होती हैं जो दृष्टिपटल पर बननेवाले प्रतिबिंब की संवेदना मस्तिष्क तक पहुँचा देती हैं और हम उन्हें देखने लगते हैं।

दृष्टिपटल के मध्य भाग के वृत्ताकार अंश को पीत-बिंदु ( yellow spot ) कहते हैं। इसके बाहर अंध-बिंदु ( blind spot ) होता है। केवल



[ चित्र १०६—नेत्र ]

पीत-बिंदु पर बननेवाले प्रतिबिंब ही दिखाई पड़ते हैं ; अंध-बिंदु पर बनने वाले प्रतिबिंब दिखाई नहीं पड़ते।

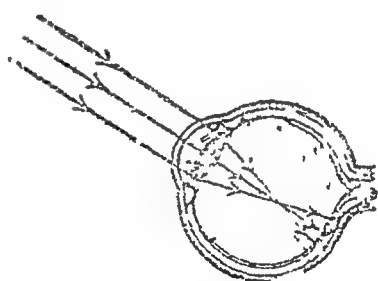
लेस और कॉर्निया के बीच में एक प्रकार का तरल पदार्थ भरा हुआ होता है। इसे नेत्रोद या ऐक्विवस ह्यूमर (aqueous humour) कहते हैं। लेस और दृष्टिपटल के बीच भरे हुए तरल पदार्थ को काचाभ द्रव या विट्रिअस ह्यूमर कहते हैं।

### दृष्टि-विकार ( Defective vision )

स्वस्थ आँख की दृष्टि-सीमा (range of vision) का दूर-बिंदु ( far point ) अनंत पर तथा निकट-बिंदु ( near point ) आँख से २५ से० मी० पर होता है। वृद्धावस्था में निकट-बिंदु और भी पास होता है। वृद्धावस्था में निकट-बिंदु और थोड़ा दूर हो जाता है। निर्दोष आँखों से, दृष्टि-सीमा के अंदर की, सभी वस्तुओं को साफ-साफ दिखाई देना चाहिए। अगर दृष्टि-सीमा के अंदर की वस्तु स्पष्ट न दिखाई पड़े तो समझना चाहिए कि आँख में दृष्टि-विकार हो गया है। आँखों में विभिन्न प्रकार के दृष्टि-विकार उत्पन्न हो सकते हैं।

### निकट-दृष्टि ( Short sight or myopia )

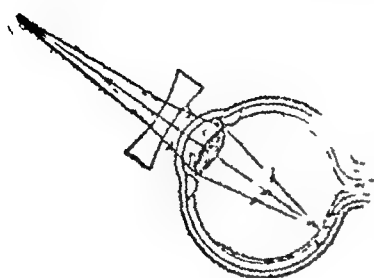
आँखों में यह विकार उत्पन्न होने से पास की चीजें तो साफ दिखाई पड़ती हैं, लेकिन दूर की चीजें दिखाई नहीं पड़ती, अर्थात् अब आँख की दूर-बिंदु अनंत पर न होकर पास आ जाता है। इसके फलस्वरूप दूर से आनेवाली किरणें दृष्टिपटल पर केन्द्रित होने के बजाए उससे आगे ही केन्द्रित हो जाती हैं और वस्तु साफ नहीं दिखाई पड़ती है।



[ चित्र ११०—निकट-दृष्टि विकार ]

निकट-दृष्टि विकार दो कारणों से हो सकता है। (१) अगर किसी कारण से नेत्र-गोलक फैल जाता है तथा दृष्टिपटल आँखों के लेस से दूर हट जाता है, या (२) किसी कारण से लेस अधिक उत्तल हो जाता है और उसकी फोकल दूरी (focal length) घट जाती है। इसमें एक भी हो जाने से दूर से आनेवाली किरणें लेस द्वारा दृष्टिपटल के आगे ही केन्द्रित हो जाती हैं और वस्तु स्पष्ट नहीं दिखाई देती है।

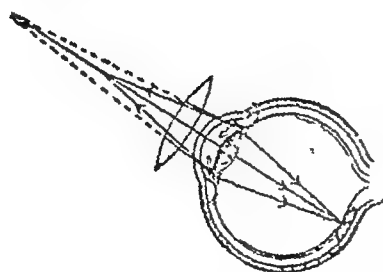
इस प्रकार के दृष्टि-विकार को दूर करने के लिए अवतल लेंस वाला चश्मा इस्तेमाल किया जाता है। चश्मा का अवतल लेंस किरणों को अपसृत



(diverge) करके आँखों के लेंस पर गिराता है ताकि वहाँ से फिर से अभिसृत (converge) होकर किरणें दृष्टिपटल पर केंद्रित हो सकें। चश्मे के अवतल लेंस को ऋण शक्ति (minus power) का लेंस कहते हैं।

[ चित्र १११—अवतल लेंस द्वारा निकट-दृष्टि विकार का सुधार ]

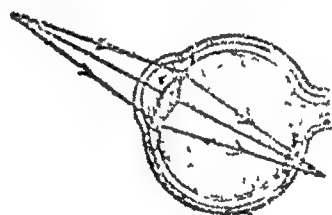
हैं लेकिन पास की चीजें साफ नहीं दिखाई पड़ती। ऐसा होने से पढ़ने-लिखने में काफी कठिनाई होती है। इस विकार में या तो (१) नेत्र गोलक किसी कारण से छोटा हो जाता है या (२) किसी कारण से लेंस पतले हो जाते हैं और उनकी फोकल दूरी बढ़ जाती है। फलस्वरूप पास से आनेवाली किरणें दृष्टिपटल के पीछे जाकर केंद्रित होती हैं और वस्तु स्पष्ट दिखाई नहीं देती है।



[ चित्र ११३—उत्तल लेंस द्वारा दूर-दृष्टि-विकार का सुधार ]

दूर दृष्टि (Long sight)

आँखों में दूर-दृष्टि-विकार हो जाने से दूर की चीजें तो दिखाई पड़ती हैं लेकिन पास की चीजें साफ नहीं दिखाई पड़ती। ऐसा होने से पढ़ने-लिखने में काफी कठिनाई होती है। इस विकार में या तो (१) नेत्र गोलक



[ चित्र ११२—दूर-दृष्टि-विकार ]

इस प्रकार के दृष्टि-विकार को दूर करने के लिए चश्मे में उत्तल लेंस, जिन्हें धनशक्ति (plus power) का लेंस कहते हैं, व्यवहार में लाया जाता है। चश्मे का उत्तल लेंस किरणों को आँखों के लेंस पर अभिसृत कर के गिराता है तथा वहाँ से फिर अभिसृत होकर किरणें दृष्टिपटल पर जाकर केंद्रित हो जाती हैं।

दृष्टि में इन विकारों के अतिरिक्त आँखों के स्वच्छ मंडल या दृष्टिपटल की गोलाई में विषमता आ जाने के कारण आँखों में दृष्टिवैपम्य (astigmatism) का विकार उत्पन्न हो जाता है। ऐसा हो जाने पर एक ही तल पर ऊपर-नीचे और दाहिने-वाएँ खींची गई रेखाओं को एक समान स्पष्ट नहीं देख पाते हैं। इसे दूर करने के लिए चश्मे में बेलनाकार (cylindrical) लेंस का व्यवहार किया जाता है।

मनुष्य की उम्र अधिक हो जाने पर उनकी आँखों की मासपेशियाँ ढीली हो जाती हैं और आँखों में निकट-दृष्टि तथा दूर-दृष्टि दोनों प्रकार के विकार उत्पन्न हो जाते हैं। इस अवस्था में चश्मे में उत्तल तथा अवतल—दोनों प्रकार के लेंसों की आवश्यकता होती है। ऐसे चश्मे में दूर की वस्तु देखने के लिए ऊपर अवतल और पास की वस्तु देखने तथा पढ़ने-लिखने के लिए नीचे उत्तल लेंस होते हैं। दो प्रकार के लेंस युक्त इस प्रकार से चश्मे के लेंस को द्विफोकस लेंस (bifocal lense) कहते हैं।

किसी वस्तु के त्रिमितीय (three diamentional) विस्तार का ज्ञान, अथवा कौन वस्तु निकट और कौन दूर है, इसका ज्ञान हमें दो आँखों की सहायता से होता है। दोनों आँखों के दृष्टिपटलों पर वस्तु का अलग-अलग प्रतिबिंब बनता है। दोनों प्रतिबिंब बिल्कुल एक-जैसे नहीं होते हैं। एक आँख में वस्तु के एक पार्श्व के अधिकांश का तथा दूसरी आँख में उसके दूसरे पार्श्व के अधिकांश का प्रतिबिंब बनता है। मस्तिष्क में दोनों प्रतिबिंबों के मिश्रित संवेदन से हमें वस्तु के ठोसपन या त्रिमितीय विस्तार का ज्ञान होता है।

आँखों में वस्तु का प्रतिबिंब उलटा बनता है, लेकिन मस्तिष्क की क्रिया द्वारा हम उसे सीधा ही देखते हैं।

### फोटो कैमरा (Photographic camera)

फोटो खींचने का कैमरा एक ऐसा यंत्र है, जिसकी सहायता से इच्छानुसार वस्तुओं का फोटो फिल्म या प्लेट पर उतारा जा सकता है। इस प्रकार से उतारे गए फोटो की कापी जब चाहे और जितनी सख्या में चाहे, फोटो-कागज पर छाप लिये जा सकते हैं।

## आँख और फोटो-कैमरा

आँख और फोटो-कैमरा की बनावट में काफी समानता है । दोनों लगभग एक ही प्रकार से काम करते हैं ।

नेत्रगोलक और कैमरा के बक्से में काफी समानता होती है । नेत्र-गोलक एक प्रकाशवद्ध गोलक है, जिसकी तुलना कैमरा के प्रकाशवद्ध बक्से के साथ की जा सकती है । आँख में एक उत्तल लेंस होता है । उसी प्रकार कैमरा में भी एक या एकाधिक उत्तल लेंस होते हैं । फोटो-कैमरा के लेंस द्वारा वस्तु का एक छोटा, उलटा तथा वास्तविक प्रतिबिम्ब फिल्म या प्लेट पर बनता है । कैमरा में एक शटर लगा होता है, जिसकी सहायता से उसके अंदर प्रकाश जाने का समय, आवश्यकतानुसार नियंत्रित किया जाता है । आँख में यह काम आँख की पलकें करती हैं । कैमरा के अंदर आनेवाले प्रकाश की तीव्रता को नियंत्रित करने के लिए आइरिस डायफ्राम नाम का पुर्जा लेंस के आगे लगा हुआ होता है । आँख में यह काम आँख का तारा करता है ।

कैमरा के मुख्य दो भाग होते हैं—(१) लेंस तथा (२) बक्सा ।

### लेंस (Camera lens)

लेंस कैमरा का महत्वपूर्ण अंग है । इसीकी क्षमता पर कैमरे की अच्छाई निर्भर करती है । अच्छे कैमरे का लेंस कई लेंसों को मिलाकर बनता है । सही माने में फोटो-कैमरे का लेंस उत्तल लेंस है । इसकी सहायता से फोटो फिल्म या फोटो प्लेट पर प्रतिमूर्ति बनती है । फोटो खींचते समय फोटो खींची जानेवाली वस्तु की दूरी, लेंस की फोकस दूरी से अधिक होनी चाहिए । इससे वस्तु का उलटा लेकिन वास्तविक प्रतिबिम्ब लेंस के पीछे रखे प्लेट या फिल्म पर बनता है ।

लेंस में एक शटर (shutter) होता है । इसके साथ एक बटन लगा हुआ होता है जिसे दबाकर शटर को इच्छानुसार खोला या बंद किया जा सकता है ।

लेंस में एक आइरिस डायफ्राम (iris diaphragm) लगा होता है । इसकी सहायता से लेंस को छोटा-बड़ा करके उसमें से पार होनेवाले प्रकाश की तीव्रता नियंत्रित की जा सकती है ।

## कैमरे का बक्सा (Camera box)

कैमरे के बक्से के एक पार्श्व में लेस तथा उसके विपरीत पार्श्व में फोटो फिल्म या प्लेट लगाने का स्थान होता है। फिल्म या प्लेट लगाकर बंद कर देने से कैमरे का बक्सा प्रकाश-बद्ध (light tight) बन जाता है। कैमरे की दीवारों अंदर से काली होती है ताकि अगर कहीं से प्रकाश आ जाए तो वे उसका शोषण कर सकें। बक्स कैमरा (box camera) नाम के सस्ते कैमरों में बक्सा साधारण बक्सा जैसा ही होता है और उसकी लंबाई को छोटा-बड़ा करने का प्रबंध नहीं रहता है। अच्छे कैमरे के बक्से की दीवारों विशेष प्रकार के कड़े कागज से बनती हैं। ये भाथी जैसी लहरदार होती हैं और आवश्यकतानुसार इन्हें छोटा-बड़ा किया जा सकता है। ऐसे कैमरों को फोल्डिंग कैमरा कहते हैं। आजकल अधिक कीमती कैमरों की दीवारों तो स्थिर होती हैं लेकिन उनके बक्से में लगे हुए लेस होल्डर (lense holder) को आगे-पीछे करने का प्रबंध रहता है।

प्लेट वाले कैमरे में पहले प्लेट के स्थान पर एक घिसे काँच (ground glass) का परदा लगाया जाता है। फिर लेस का शटर खोलकर उस पर वस्तु के प्रतिबिम्ब को देखा जाता है। बक्से की दीवारों को छोटा-बड़ा करके, लेस को आगे-पीछे ले जाकर प्रतिबिम्ब को साफ तथा स्पष्ट बनाया जाता है। घिसे काँच के परदे पर प्रतिबिम्ब साफ देखने के लिए ऊपर से एक काला कपड़ा डाल देना आवश्यक है। परदे पर साफ तथा स्पष्ट प्रतिबिम्ब आ जाने पर लेस का शटर बंद कर दिया जाता है और घिसे काँच को हटा कर उसके स्थान पर फोटो प्लेट लगा दिया जाता है तथा बटन दबा कर आवश्यक समय के लिए लेस का शटर खाल दिया जाता है। इसे उद्भासन (exposure) कहते हैं। फोटो प्लेट, फिल्म आदि पर एक प्रकार का आलोकग्राही (light sensitive) मसाला लगा हुआ होता है। इसके जिन स्थानों में जिस अनुपात से प्रकाश गिरता है—उन स्थानों में उसी अनुपात में रासायनिक क्रिया होती है और प्लेट को विकसित करने पर वे स्थान उसी अनुपात में काले हो जाते हैं।

उद्भासन के बाद प्रकाशबद्ध खोल में बंद करके प्लेट या फिल्म को अँधेरी कोठरी (dark room) में ले जाकर रासायनिक घोलों से चित्र को

विकसित (develop) करके स्थायी (fix) किया जाता है, ताकि उस पर अब और प्रकाश से रासायनिक क्रिया न हो पाएँ। इस प्रकार से प्रस्तुत किये गए फिल्म या प्लेट को निगेटिव (negative) कहते हैं। आलोकग्राही मसाला लगे हुए फोटो छापने के कागज (photo printing paper) के ऊपर निगेटिव को रखकर ऊपर से प्रकाश डाला जाता है। इस काम को भी अँधेरी कोठरी में करना पड़ता है। निगेटिव के अंदर से प्रकाश आकर उस पर बने हुए चित्र का सीधा प्रतिरूप फोटो-कागज पर बनता है। उचित समय तक प्रकाश डालने के बाद फोटो कागज को अँधेरे कमरे में ही विकसित तथा स्थायी करके पोजिटिव (positive) अर्थात् सीधा चित्र बनाया जाता है।

निगेटिव से आकार में बड़ा चित्र बनाने के लिए निगेटिव को विवर्धक (enlarger) नामक यंत्र में लगाया जाता है तथा इसमें से प्रकाश डालकर दूर रखे हुए फोटो कागज पर बड़े आकार का चित्र उतारा जाता है। आज-कल प्लेट वाला कैमरा कम व्यवहार होता है। उनके स्थान पर फिल्म वाले कैमरे का व्यवहार बढ़ गया है। इसमें एक साथ कई चित्र लिये जा सकते हैं और इसका व्यवहार करना भी आसान है।

फिल्म वाले कैमरे में वस्तु का प्रतिबिम्ब देखने के लिए अलग से दृश्य-दर्शी (view finder) लगा हुआ होता है। इसकी सहायता से प्रतिबिम्ब को देखकर फोटो खींचा जाता है।

### चलचित्र-कैमरा (Motion picture camera)

इस कैमरे द्वारा चलचित्र या सिनेमा दिखाने के लिए चित्र लिया जाता है। इस कैमरे की सहायता से चलायमान वस्तु तथा दृश्यों का लगातार चित्र उतारा जाता है। इस कैमरे में दो प्रकाशवद्ध बक्से लगे हुए होते हैं, इन्हें रील-बक्सा कहते हैं। इनमें से एक में एक लिपटा हुआ लंबा फिल्म, जिसे रील कहते हैं—लगा दिया जाता है और उसका एक सिरा कैमरे के फिल्म लगाने के स्थान से ले जाकर दूसरे रील-बक्से में अटका दिया जाता है। चलचित्र लेते समय कैमरे को यांत्रिक उपायों से इस प्रकार चलाया जाता है कि एक ही गति से प्रथम रील-बक्से में रील खुलता जाता है और द्वितीय रील-बक्से में लिपटता जाता है। कैमरे के अन्दर से जाते समय रील एक-एक चित्र के लिए साधारणतः .०५ सेकेड तक

रुक जाता है और साथ ही कैमरे का शटर भी खुल जाता है । ०.५ सेकेंड के उद्भासन काल (time of exposure) के अन्त में कैमरे का शटर बंद हो जाता है और रील चलने लगता है । ०.१ सेकेंड के बाद फिर रील रुक जाता है और शटर खुल जाता है । इस प्रकार ऐसे कैमरे द्वारा प्रति मिनट में १५-१६ चित्र लिये जाते हैं । बाद में रील को विकसित तथा स्थायी करके उससे सिनेमा दिखलाने वाला फिल्म का रील छापकर तैयार किया जाता है ।

### चलचित्र

सिनेमा-गृह के रजत पट (silver screen) पर चलते-फिरते, हँसते-खेलते चित्रों को न देखा हो, ऐसा कोई आदमी आजकल शायद ही मिल सकता है । देश में कोई भी शहर ऐसा न होगा जहाँ सिनेमा-गृह नहीं हैं । केवल मनोरंजन के क्षेत्र में ही नहीं बल्कि शिक्षा के क्षेत्र में भी सिनेमा एक आवश्यक साधन बन गया है ।

सिनेमा का संपूर्ण सिद्धांत दृष्टि-निर्वन्ध (persistence of vision) के सिद्धांत पर आधारित है । हम जब किसी भी वस्तु को देखते हैं तब हमारे मस्तिष्क पर उसका प्रभाव ०.१ सेकेंड तक रहता है । यानी ०.१ सेकेंड तक उसे देखते रह जाते हैं और उसके बाद ही किसी दूसरी चीज को देख सकते हैं । देखी गई वस्तु के आँखों के सामने से हट जाने के बाद भी कुछ समय तक मस्तिष्क में उसका चित्र बने रहने को दृष्टि निर्वन्ध कहते हैं । अगर पतली लकड़ी के एक सिरे पर आग लगाकर दूसरा सिरा पकड़कर उसे तेजी से घुमाने लगे तो हमें आग का एक चक्र-सा दिखाई देने लगता है । कारण यह है कि लकड़ी का आग वाला सिरा किसी भी स्थान पर ०.१ सेकेंड से अधिक नहीं रहता है और इसलिए प्रत्येक स्थान पर आग आगे के स्थान की आग के साथ जुड़ी हुई दिखाई पड़ती है तथा सब मिलकर हमें आभासी तौर पर एक अग्नि-चक्र दिखाई देता है ।

### सिनेमा फिल्म (cinema film)

चलचित्र कैमरे की सहायता से चलते-फिरते तथा विभिन्न क्रियाएँ करते हुए मनुष्यों, जीव-जंतुओं आदि तथा प्राकृतिक दृश्यों के, प्रति मिनट में १५-१६ चित्र, बहुत लंबे-लंबे फिल्मों पर खींच कर सिनेमा फिल्म बनाए जाते हैं । फिल्म



सेलुलाइड या प्लैस्टिक जातीय पारदर्शक पदार्थ से बनते हैं। इन्हें गोल चक्की में लपेटकर रखा जाता है ताकि चक्की को घुमाकर उन्हें खोला या लपेटा जा सके। इस तरह से लपेटे हुए फिल्म को रील कहते हैं।

### सिनेमा प्रोजेक्टर (Cinema projector)

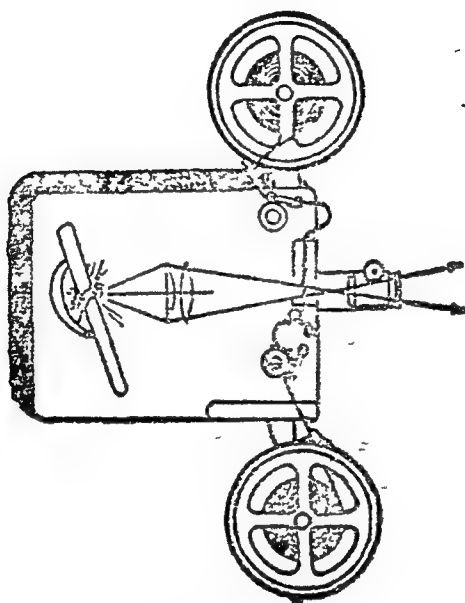
जिस यन्त्र की सहायता से चलचित्र के फिल्मों को परदे पर प्रक्षेपित किया जाता है, उसे सिनेमा प्रोजेक्टर कहते हैं। सिनेमा प्रोजेक्टर को उलटा कैमरा कहा जा सकता है। कैमरे में बाहरी वस्तु का प्रतिबिम्ब आकर कैमरे के अंदर के फिल्म या प्लेट पर चित्र बनाता है। यहाँ प्रतिबिम्बित वस्तु तथा प्रकाश का लोत दोनों कैमरे से बाहर होते हैं। प्रोजेक्टर में इसके विपरीत प्रकाश का लोत तथा प्रतिबिम्बित वस्तु (फिल्म पर बने हुए चित्र) दोनों प्रोजेक्टर के अंदर होते हैं और चित्र उसके बाहर परदे पर बनते हैं।

सिनेमा प्रोजेक्टर के ऊपर तथा नीचे दो रील-बक्से लगे हुए होते हैं। ऊपर के रील-बक्से में फिल्म का रील लगाकर फिल्म का एक सिरा, जहाँ से चलचित्र आरम्भ होता है—प्रोजेक्टर के अंदर से ले जाकर दूसरे रील-बक्से में अटका दिया जाता है। यन्त्र के चलते समय ऊपर के रील-बक्से से खुलकर रील नीचे के रील-बक्से में लिपटता जाता है।

प्रोजेक्टर के अंदर एक तीव्र प्रकाश का लोत होता है। इसके पीछे एक अवतल दर्पण और सामने एक लेस लगा हुआ होता है। पीछे का अवतल दर्पण प्रकाश को एक लेस पर अभिसृत करता है। लेस प्रकाश की किरणों को प्रोजेक्टर के अंदर से जानेवाले फिल्म पर अभिसृत करके फिल्म के चित्र की दीप्ति बहुत बढ़ा देता है। फिल्म के सामने एक प्रक्षेपक लेस लगा हुआ होता है जो इस प्रकाश को सामने के चमकीले परदे पर प्रक्षेपित करके उस पर बहुत आवर्धित तथा वास्तविक प्रतिबिम्ब बनाता है।

सिनेमा दिखाते समय प्रोजेक्टर में फिल्म लगातार एक ही गति से नहीं चलता है, बल्कि फिल्म पर का प्रत्येक चित्र प्रक्षेपक लेस के सामने आकर ०.५ सेकंड रुक जाता है और ठीक इसी समय तक लेंस के सामने का शटर खुला रह जाता है तथा परदे पर उस चित्र का वास्तविक तथा बड़ा प्रतिबिम्ब दिखाई देता है। फिर ०.१ सेकंड के लिए शटर बंद हो जाता है और परदे पर अंधकार छा जाता है तो भी दृष्टि निर्वन्ध के चलते हम परदे पर उस

चित्र को, जो शटर बंद होने के पहले पर्दे पर बना था, देखते रहते है साथ ही फिल्म भी चलने लगता है और उसी ०.१ सेकेड में फिल्म पर का एक दूसरा चित्र लेंस के सामने आकर ०.५ सेकेड के लिए रुक जाता है तथा



[ चित्र ११४—प्रोजेक्टर ]

लेस के शटर का खुलना और परदे पर ठीक उसी जगह चित्र बनने का चक्र चालू हो जाता है। इस प्रकार से प्रति सेकेंड १५-१६ चित्र हमारी आँखों के सामने से चलते जाते है और आँखों के दृष्टि निर्वन्ध गुण के कारण हम उन चित्रों को एक ही चित्र के रूप में देखते है। इससे प्रत्यक्षतः हमें परदे पर के चित्र चलते-फिरते तथा विभिन्न क्रियाएँ करते हुए दिखाई देते हैं।

## घरों में प्रकाश-व्यवस्था

बहुत-से प्राणी अँधेरे में भी देख सकते हैं और इसलिए उनकी दिनचर्या के लिए दिन या रात में कोई विशेष अंतर नहीं होता है। ऐसे भी कुछ प्राणी हैं जो दिन के उज्ज्वल प्रकाश से रात के अँधेरे को ही अधिक पसंद करते हैं।

लेकिन मनुष्य के लिए ऐसी बात नहीं है। मनुष्य न तो अँधेरे में देख ही सकता है और न कोई काम ही ठीक से कर पाता है। इसलिए अँधेरे में देखने और काम-काज करने के लिए उसे प्रकाश की व्यवस्था करनी पड़ती है। आदिम काल से ही मनुष्य, सूर्यास्त के बाद प्रकाश की व्यवस्था करता आ रहा है। वर्तमान युग में तो मनुष्य के हाथ में प्रकाश की व्यवस्था करने के इतने साधन मौजूद हैं कि वे रात को दिन जैसा बना दे सकते हैं। अब हजारों कल-कारखानों में दिन-रात काम होते रहते हैं और उनके अंदर, जहाँ तक प्रकाश का सवाल है, दिन तथा रात में कोई अंतर नहीं मालूम पड़ता है।

शिक्षा आदि के प्रसार के साथ, अब गाँव में भी शायद ही कोई ऐसा घर हो जहाँ शाम होते ही लोग सो जाते हों और जहाँ प्रकाश की व्यवस्था करने की आवश्यकता नहीं पड़ती हो।

आदिम काल से ही हमारे देश में रात के लिए दीये का व्यवहार प्रचलित है। आज भी पूजा आदि शुभ कामों में दीया ही जलाया जाता है।

विजली, गैस आदि के काफी प्रचलन के बावजूद इस समय हमारे देश में किरासन तेल से जलनेवाली बत्ती ही, प्रकाश के लिए सबसे अधिक इस्तेमाल होती है। फिर भी प्रकाश के लिए विजली की बत्तियों का इस्तेमाल बहुत तेजी से बढ़ता जा रहा है और वह दिन दूर नहीं है जब, हमारे देश में भी, विजली की बत्ती ही रात में प्रकाश देने का मुख्य साधन बन जाएगी।

घर में प्रकाश-व्यवस्था करते समय—विशेषकर विजली की वस्तियों की सहायता से प्रकाश-व्यवस्था करते समय—नीचे दी गई बातों पर ध्यान देना चाहिए :—

१ प्रकाश पूरे कमरे में समान हो,

२ प्रकाश आँख को कष्ट न दे,

३. देखने में सुंदर लगे,

४. उस स्थान पर, साधारणतया जहाँ काम होता हो, प्रकाश पर्याप्त हो ।

### प्रदीप्ति (Illumination) की माप

प्रदीप्ति मापने की इकाई को लूमेन (lumen) कहते हैं । हम पहले देख चुके हैं कि ज्योतिष्मान वस्तु की प्रदीपन-क्षमता मापने की इकाई को कैंडल शक्ति कहते हैं । यूरोप के देशों में सदियों से प्रकाश के लिए मोमवत्ती का इस्तेमाल होता रहा है । इसलिए जब ज्योतिष्मान वस्तु की प्रदीपन क्षमता मापने की इकाई का सवाल सामने आया तब यह स्वाभाविक ही था कि उसे कैंडल शक्ति का नाम दिया गया । एक मानक कैंडल शक्ति लूमेन  $\div 12.57$  के समान होती है ।

### लूमेन

अगर एक मानक मोमवत्ती को एक ऐसे गोलक के केंद्र में रखा जाए जिसकी भीतरी सतह पूरी रोशनी को पूर्ण रूप से अवशोषण कर सके, तो मोमवत्ती का संपूर्ण प्रकाश गोलक की भीतरी सतह पर गिरेगा और परावर्तित होकर बिखर नहीं जाएगा । अगर इस गोलक के एक हिस्से में खिड़की जैसी काट दी जाए तो रोशनी का एक अंश इससे बाहर निकल आएगा । अगर गोलक का व्यासार्ध एक फुट हो और काटी गई खिड़की का क्षेत्रफल एक वर्गफुट हो तो इस खिड़की से निकलने वाली प्रकाश को एक लूमेन कहा जाएगा ।

गोलक का क्षेत्रफल  $4\pi r^2$  होता है । इसलिए इस गोलक का क्षेत्रफल  $= 4\pi r^2$  अर्थात्  $12.57$  वर्गफुट है । अतः एक मानक मोमवत्ती द्वारा दी गई कुल प्रदीप्ति  $12.57$  लूमेन है ।

गृ० वि०—२३

केवल आँख की सहायता से प्रदीप्ति मापने से काफी गलती होने की सम्भावना रहती है। इसलिए प्रदीप्ति के परिमाण को मापने के लिए फुट कैंडल मीटर नाम के यन्त्र का इस्तेमाल होता है, क्योंकि दूर के तेज प्रकाश से नजदीक के अपेक्षाकृत कम प्रकाश की प्रदीप्ति आभासी तौर पर अधिक मालूम देती है। फुट कैंडल के हिसाब से प्रदीप्ति की तीव्रता को मापने से यह गलती नहीं हो पाती। एक कैंडल शक्ति प्रकाश के उद्गम स्थान से एक फुट दूरी पर प्रदीप्ति की तीव्रता को एक फुट-कैंडल कहते हैं।

समक्ष (प्रत्यक्ष) तथा असमक्ष (अप्रत्यक्ष) प्रदीप्ति

( **Direct and indirect illumination** )

दीये, मोमबत्ती लालटेन, बिजली के खुले हुए बल्ब आदि से प्रकाश की किरणें निकलकर सीधे कमरे में फैल जाती हैं और कमरे को प्रकाशित करती हैं। यह प्रकाश-व्यवस्था का सबसे सरल उपाय है। इसमें परावर्तन आदि में प्रकाश की हानि नहीं होती और पूरे का पूरा प्रकाश प्रदीप्ति करने में काम आता है। लेकिन इस प्रकार का प्रकाश न तो देखने में ही अच्छा लगता है और न यह आँख के लिए ही अच्छा होता है। प्रकाश का उद्गम स्थान आँख के सामने होने के कारण, उसकी किरण सीधे आँख में चली आती है, जिससे आँख को नुकसान पहुँचने की सम्भावना रहती है। साथ ही, इस प्रकार के प्रकाश से गहरी छाया बनती है और उस छाया के अंदर की चीजें साफ नजर नहीं आती हैं। प्रकाश के समक्ष स्रोत को काफी ऊँचाई पर कर देने से, बहुत हद तक, इन दिक्कतों से बचा जा सकता है। शेड, परावर्तक (reflector) आदि की सहायता से भी समक्ष प्रदीप्ति को मनोहर तथा आँख के लिए उपयुक्त बनाया जा सकता है।

प्रदीप्ति के असमक्ष स्रोत को देखा नहीं जा सकता है। यहाँ प्रकाश हमेशा किसी न किसी अन्य वस्तु से परावर्तित होकर कमरे में फैलता है। अतः इस प्रकार का प्रकाश आँखों पर सीधा नहीं पड़ता और आँखों को कष्ट नहीं पहुँचाता।

## विभिन्न कार्यों के लिए आवश्यक प्रदीप्ति

सब तरह के कामों के लिए एक समान तीव्रता की प्रदीप्ति की आवश्यकता नहीं होती। कुछ दैनंदिन कामों के लिए आवश्यक प्रदीप्ति की तीव्रता का परिमाण नीचे दिया जा रहा है :—

## पढ़ने के लिए

(i) अधिक समय तक छोटे अक्षरों में लिखी हुई ४० फुट कैडल

(ii) अल्प समय तक बड़े अक्षरों में लिखी हुई २० "

## लिखने के लिए

४० "

## सिलाई करने के लिए

(i) गहरे रंग के कपड़ों पर महीन सिलाई १५० "

(ii) देर तक साधारण सिलाई ४०-८० "

(iii) अल्प समय तक साधारण सिलाई २०-४० "

इस्तिरी करने के लिए ४० "

खाना पकाने के लिए ४० "

मोटी दस्तकारी के लिए ४० "

कमरों में साधारण प्रदीप्ति ५ "

खाने के कमरे में प्रदीप्ति १० "

## प्रकाश का परावर्तन और प्रदीप्ति

विभिन्न प्रकार की वस्तुओं की सतह तथा रंग विभिन्न परिमाण में प्रकाश का अवशोषण कर लेते हैं। साथ ही, वे विभिन्न परिमाण में प्रकाश को परावर्तित करते हैं। अगर समान आयतन के दो कमरों में दो समान कैडल शक्ति की बत्ती जला दी जाए, और प्रथम कमरे की दीवारों द्वारा दूसरे कमरे की दीवारों की तुलना में अधिक परिमाण में प्रकाश का अवशोषण होता हो और अल्प परिमाण में परावर्तन होता हो, तो प्रथम कमरे में प्रदीप्ति की तीव्रता कम मान्य पड़ेगी। क्योंकि अवशोषण द्वारा प्रकाश की

हानि होती है और परावर्तन द्वारा वृद्धि । कुछ वस्तुओं की सतह तथा रंग द्वारा परावर्तन के परिमाण नीचे दिये जा रहे हैं :—

खुरदुरा सफेद कागज	लगभग ८४ प्रतिशत
चिकना सफेद कागज	„ ७५ „
भखवार का कागज	„ ६० „
हलका पीला कागज	„ ६४ „
हलका नारंगी कागज	„ ५० „
हलका नीला कागज	„ ३० „
हलका लाल कागज	„ ३५ „
हलका आसमानी कागज	„ ३६ „
काला कपड़ा	„ २ „
काला वेलवेट कपड़ा	„ १ „

घरों में प्रकाश-व्यवस्था करते समय इन बातों पर ध्यान देने से घर की प्रदीप्ति सुन्दर, सस्ती, आरामदेह तथा काम-काज के लिए सुविधाजनक होती है ।

## ध्वनि ( Sound )

ताप, प्रकाश आदि की नाईं ध्वनि भी ऊर्जा का एक रूप है। इस ऊर्जा को हम श्रवणेन्द्रिय द्वारा अनुभव करते हैं। जो कुछ हमें कान से सुनाई पड़ता है, वह ध्वनि है। इस ऊर्जा से हर समय हम परिचित होते रहते हैं। अपने चारों ओर नाना प्रकार की ध्वनियाँ सुनाई पड़ती रहती हैं—चिड़ियों के कूजन से लेकर कुत्तों के भूँकने और बरतनों के खनखनाने तथा गिरने की आवाज हमारे कानों में आती रहती है। इन आवाजों का कोई अर्थ नहीं होता है। अतः ये सब ध्वनियाँ निरर्थक ध्वनियाँ हैं। वचपन से ही हम ऐसी सार्थक ध्वनियाँ भी सुनते आते हैं, जिन्हें हम शब्द कहते हैं। इन शब्दों के अर्थ होते हैं और इन ध्वनियों की सहायता से हम एक दूसरे से विचारों और भावों का आदान-प्रदान करते हैं।

ध्वनियाँ दो प्रकार की होती हैं—सुरीली तथा कोलाहल।

(१) सुरीली ध्वनि या सुस्वर ध्वनि ( *musical sound* )—वह ध्वनि है जो सुनने में मधुर और कर्णप्रिय मालूम होती है। इस प्रकार की ध्वनि में कपन-तरंग नियमित होती है, जिसके बारे में हम आगे चलकर पूरी तरह से अध्ययन करेंगे। ऐसी सुरीली ध्वनि हमें मनुष्य के संगीत, चिड़ियों के कूजन, वाद्य-यन्त्र—जैसे सितार, तानपूरे, वायलिन, हारमोनियम आदि से सुनाई पड़ती है।

(२) कोलाहल ( *noise* )—जिस ध्वनि में कोई भी छद्म या नियमित कपन न हो, वह कर्णकटु होती है और उसे कोलाहल कहते हैं; जैसे-बरतनों की झनझनाहट, मूखे पत्तियों की खड़खड़ाहट, या तड़ित् की कड़क आदि से जो ध्वनि निकलती है, वह हमें अप्रिय मालूम होती है। वह कोलाहल है।

### ध्वनि की उत्पत्ति

किसी भी ध्वनि की उत्पत्ति के लिए उत्पादक या स्रोत ( *source* ) की आवश्यकता होती है। अब हमें देखना है कि उन उत्पादकों या पदार्थों में क्या होता है जिस कारण ध्वनि उत्पन्न होती है।



हथौड़े से चोट मारने पर घंटी से आवाज निकलती है। तानपूरे के तने हुए तार को एक ओर खींच कर छोड़ देने से भी आवाज निकलती है। इस अवस्था में ध्वनि-उत्पादक की जाँच करने से यह स्पष्ट हो जाएगा कि उसमें कंपन हो रहा है। उत्पादकों में कंपन के कारण ही ध्वनि उत्पन्न होती है। अगर उत्पादकों में कंपन बंद कर दिया जाए तो ध्वनि भी बंद हो जाएगी।

**प्रयोग १**—पीतल या काँसे की बनी घंटी को मजबूत ढोरी में बाँधकर एक स्तंभ से लटका दीजिए। अब हथौड़े से घंटी पर चोट कीजिए। चोट करते ही घंटी की आवाज सुनाई पड़ेगी। आवाज निकलने समय घंटी को आहिस्ता में छुड़िए। घंटी में कंपन मालूम पड़ेगा। घंटी को कमकर पकड़िए ताकि कंपन बंद हो जाय। तब देखिएगा कि आवाज बंद हो जाएगी।

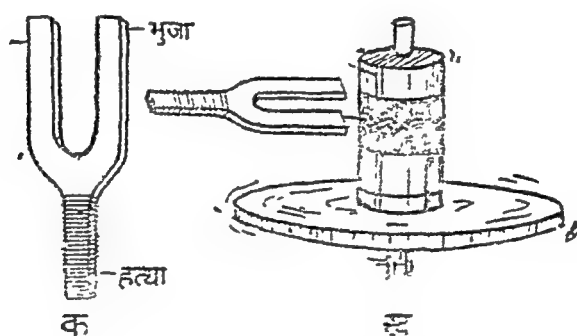
**प्रयोग २**—एक स्तंभ में सरकंडे की एक छोटी-सी गोली तारों में बाँधकर लटका दीजिए। लटकी हुई गोली के पास पानी भरा हुआ धातु का एक ग्लास ऐसे रखिए कि गोली ग्लास के एक किनारे को स्पर्श करे। अब ग्लास को लोहे या अन्य किसी धातु की छड़ में आहिस्ता से मारिए। ग्लास से ध्वनि निकलेगी और ग्लास में कंपन पैदा होगा। इसके फलस्वरूप ग्लास के किनारे को स्पर्श करती हुई गोली टकरा कर उछलने लगेगी। माथे ही ग्लास के पानी में भी कंपन दिखाई पड़ेगा। ध्वनि के जात हो जाने पर अर्थात् जब ग्लास में किसी प्रकार की आवाज नहीं सुनाई पड़ेगी तब गोली का उछलना भी बंद हो जाएगा और पानी का कंपन भी रुक जाएगा। इनसे यह सिद्ध होता है कि पदार्थों में कंपन पैदा होने से ही ध्वनि की उत्पत्ति होती है।

निम्नलिखित प्रयोगों में ध्वनि-उत्पादक के कंपन की रेखा भी खींची जा सकती है—

इस प्रयोग में ध्वनि-उत्पादन के लिए एक खास यंत्र लिया जाता है, जिसका नाम ट्यूनिंग फार्क (tuning fork) या स्वरित्र द्विभुज है। यह यंत्र अंग्रेजी अक्षर 'U' जैसी मुड़ी हुई लोहे या अन्य धातु की छड़ है; इस मुड़ी हुई छड़ के बीच में एक मजबूत धातु का हत्या लगा होता है। U के दोनों सीधे भागों को भुजा (prongs) कहते हैं। ट्यूनिंग फार्क के हत्ये को पकड़कर अगर किसी लकड़ी के हथौड़े या चमड़ा चड़ी हुई धातु के हथौड़े द्वारा भुजाओं के मिरों पर चोट करें तो, ध्वनि सुनाई पड़ेगी।

साथ ही साथ भुजाओं के सिरे कंपन के कारण धुँधले दिखाई देंगे। उँगली से छूकर भुजाओं का कंपन बंद कर देने से ध्वनि भी बंद हो जाती है।

**प्रयोग—**एक ट्यूनिंग फार्क लेकर उसकी एक भुजा के एक सिरे पर एक पतला नुकीला तार मजबूती से कस दीजिए। फिर कालिख पुते हुए कागज का एक टुकड़ा लीजिए और इसे एक वेलन पर लपेटिए जिसको एक चकती के सहारे घुमाया जा सकता है। ट्यूनिंग फार्क को एक स्तंभ से इस प्रकार कस दीजिए कि उसमें लगा हुआ नुकीला तार कागज को हल्का-सा स्पर्श करे। चकती को घुमाइए, देखिएगा कि कागज पर एक सीधी लकीर खिंच गई है। कागज को बदलकर कालिख पुता एक दूसरा कागज लगाकर फिर से इस

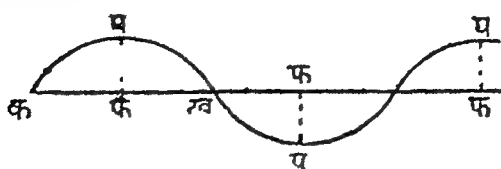


[ चित्र ११५—(क) ट्यूनिंग फार्क, (ख) फार्क के कंपन की रेखा। ]

प्रयोग को कीजिए। इस बार फार्क पर हथोड़े से हल्की चोट नारिए जिसमें ध्वनि उत्पन्न हो। फिर चकती को घुमाइए। देखिएगा कि कागज पर एक लहरदार रेखा खिंच गई है। इससे प्रमाणित होता है कि वस्तुओं के कंपन से ही ध्वनि उत्पन्न होती है।

अगर इस रेखा के एक हिस्से का चित्र ११६ जैसा बड़ा चित्र खींचा जाए तो उस चित्र में क से ख तक की रेखा एक पूरे कंपन (vibration) की रेखा है। इस कंपन को पूरा करने के लिए फार्क को जो समय लगा है उसे उसका कंपनकाल (period of vibration) तथा एक सेकेंड समय के अंदर जितनी बार पूरा कंपन होता है, उस संख्या को आवृत्ति (frequency) कहा

जाता है। अगर कहा जाय कि फार्क की आवृत्ति २०० प्रति सेकेंड है तो इसका अर्थ यह होता है कि उस फार्क की भुजा प्रति सेकेंड २०० कंपन कर रही है।



[ चित्र ११६—कंपन आयाम ]

कंपन के समय फार्क की भुजा के महत्तम विस्थापन को कंपन आयाम (amplitude of vibrator) कहा जाता है। इसे चित्र में प-फ रेखाओं से दिखाया गया है।

### ध्वनि का गमन तथा माध्यम

ध्वनि उत्पादक से उत्पन्न होने के बाद, ध्वनि किसी द्रव्यात्मक माध्यम से होकर ही गमन कर सकती है। ऊष्मा या प्रकाश की तरह ध्वनि शून्य में होकर गमन नहीं कर सकती है। निम्नलिखित प्रयोग से इसकी जाँच की जा सकती है।

**प्रयोग—**एक विद्युत् घंटी को एक काँच के बेल-जार (bell jar) के अन्दर लटका दीजिए। बेल-जार को ऐसे एक आधार पर रखिए जिसमें पंप द्वारा बेल-जार से हवा निकालने का प्रबंध हो। विद्युत् घंटी के तारों को काग से होकर निकाल लीजिए तथा काग से बेल-जार को इस प्रकार बंद कर दीजिए कि वह वायुरुद्ध (air tight) हो जाए।

अब विद्युत् घंटी में विद्युत् प्रवाहित करने से घंटी जोरो से बजने लगेगी और उसकी आवाज हमें सुनाई पड़ेगी। घंटी को जार के अंदर बजते हुए छोड़ दीजिए। फिर एक निर्वातक पंप की सहायता से जार की हवा को निकालते जाइये। जैसे-जैसे जार के अंदर हवा कम होती जाएगी वैसे-वैसे घंटी की आवाज भी धीमी होती जाएगी। जब वह जार पूर्ण रूप से निर्वातित हो जाएगा तब घंटी की ध्वनि बिलकुल नहीं सुनाई पड़ेगी; लेकिन घंटी का हथौड़ा घंटी पर चोट मारते हुए नजर आएगा। अब बेल-

जार के अंदर थोड़ा-थोड़ा हवा जाने दीजिए, हवा के अन्दर आने के साथ-साथ फिर से घटी की आवाज सुनाई पड़ेगी ।

इस प्रकार यह प्रमाणित हो जाता है कि ध्वनि शून्य में होकर नहीं जा सकती है ।

साधारणतः वायु ध्वनि का माध्यम होती है । किंतु कोई ठोस या द्रव पदार्थ जो लचीला (elastic) और अविच्छिन्न (continuous) है, उसमें से ध्वनि संचारित हो सकती है । ध्वनि ठोस माध्यम में सबसे अधिक वेग से संचारित होती है । उसके बाद द्रव माध्यम से और सबसे कम वेग से गैसीय माध्यम से ।

### ध्वनि का प्रसारण

ध्वनि जब उद्गम-स्थान से प्रसारित होकर किसी भी माध्यम से सुनने वाले के कान तक पहुँचती है तब वह सुनाई पड़ती है । ध्वनि का प्रसारण अनुदैर्घ्य तरंग-गति (longitudinal wave motion) से होता है ।

जब किसी भी माध्यम का एक कण कंपित होता है तब उसके संपर्क में आनेवाला दूसरा कण भी कम्पायमान हो जाता है । इस प्रकार से कंपन एक कण से दूसरे कण में, दूसरे कण से तीसरे कण में और इस क्रम से आगे बढ़ता जाता है । इस क्रिया को तरंग-गति (wave motion) कहते हैं । तरंग-गति में यह विशेषता है कि माध्यम के कण अपने स्थान से स्थायी रूप से नहीं हटते हैं, केवल अपने-अपने स्थान के इधर-उधर डोलते रहते हैं । तरंग-गति को निम्नलिखित प्रयोग से आसानी से समझा जा सकता है ।

प्रयोग—एक बड़े बरतन में पानी भर लीजिए । फिर एक छोटा-सा पत्थर उस पात्र के बीच फेंककर उसमें तरंग पैदा कीजिए । देखने से ऐसा मालूम होगा कि पानी में लहरे बनकर बीच के उद्गम-स्थान से किनारे की ओर चली जा रही हैं । अब एक कागज का छोटा टुकड़ा किसी भी लहर के ऊपर डाल दीजिए । देखिएगा कि कागज का छोटा टुकड़ा उसी स्थान पर केवल ऊपर-नीचे डोल रहा है, किंतु किनारे की ओर आगे नहीं बढ़ रहा है । इससे मालूम होता है कि माध्यम का कण, अर्थात् पानी का कण अपना स्थान नहीं छोड़ रहा है । केवल ऊपर-नीचे हो रहा है और इस

प्रकार से पानी में तरंगें उत्पन्न हो रही हैं। पानी में उत्पन्न तरंगों को अनुप्रस्थ तरंग (transverse wave) कहते हैं।

अनुप्रस्थ तरंगों में माध्यम के कणों का दोलन या कपन, तरंगों की गति की दिशा पर लम्ब दिशा में होती है। अगर माध्यम के कणों के कपन (या दोलन) तरंगों की गति की दिशा में होते हैं तो उस प्रकार की तरंगों को अनुदैर्घ्य-तरंग कहा जाता है। ध्वनि-तरंग जब किसी माध्यम से होकर गमन करती है तब माध्यम के कणों में तरंगों की दिशा में दोलन या कपन होती है। अर्थात् ध्वनि का प्रसारण अनुदैर्घ्य तरंग से होता है।

इसी प्रकार जब ध्वनि के उत्पादक और हमारे कान के बीच में वायु का माध्यम हो तब ध्वनि की तरंगों की दिशा में ही वायु के कणों में दोलन होता है। जिस कारण कुछ स्थानों में इन कणों का संकुचन (compression) हो जाता है और कुछ स्थानों में विरलन (rarefaction) होता रहता है। ध्वनि की तरंगें इस प्रकार से प्रसारित होकर हमारे कानों तक पहुँचती हैं तो हमें ध्वनि सुनाई पड़ती है।

### ध्वनि का परावर्तन

प्रकाश की नाई ध्वनि भी परावर्तित होती है और प्रकाश-परावर्तन के नियम और ध्वनि के परावर्तन के नियम एक ही हैं। लेकिन ध्वनि-तरंगों की लंबाई अधिक होने के कारण असमतल सतहों से भी ध्वनि का परावर्तन ठीक से हो सकता है। साथ ही, यह भी सही है कि परावर्तन की सतह जितनी अधिक समतल होगी, ध्वनि का परावर्तन उतना ही अच्छा होगा। निम्नलिखित प्रयोग से देखा जा सकता है कि प्रकाश के परावर्तनों के नियमों के अनुसार ही ध्वनि का परावर्तन होता है।

प्रयोग—काठ की एक सीधी खड़ी तख्ती के सामने दो पतली लंबी नलियाँ इस प्रकार रखिए कि तख्ती पर लंब खींचने से उसके साथ दोनों नलियों द्वारा बनाये गए कोण समान हो तथा दोनों नलियाँ एक ही तल में हों। अब एक नली के सामने एक छोटी घड़ी रखिए और दूसरी नली पर कान लगाकर सुनिए तो घड़ी की ध्वनि साफ सुनाई देगी। घड़ी की ध्वनि ऐसे ही सुनाई दे इसलिए दोनों नलियों के बीच में एक काठ का परदा भी रख देना

पड़ता है या लंबी नलियाँ लेनी पड़ती है। पहली नली को अपने स्थान पर छोड़कर दूसरी नली को इधर-उधर हटाकर देखने से पता चलेगा कि घड़ी की ध्वनि पहली अवस्था में सबसे स्पष्ट और तेज सुनाई पड़ती है। इससे मालूम हो जाता है कि घड़ी की ध्वनि तख्ती पर अभिलंब के साथ जो गूँज बनाती हुई आपतित होती है, परावर्तित ध्वनि भी अभिलंब के साथ ठीक वही कोण बनाती है और उसी तल पर होती है।

नतोदर दर्पण द्वारा भी ध्वनि का परावर्तन प्रकाश जैसा ही होता है। दो नतोदर दर्पण को आमने-सामने रखकर एक के फोकस पर एक घड़ी लटका दीजिए। घड़ी की ध्वनि दर्पण से परावर्तित होकर समांतर रेखाओं पर चलने लगती है और सामने रखे हुए दूसरे नतोदर दर्पण पर आ गिरती है और उससे परावर्तित होकर उसके फोकस पर केन्द्रित हो जाती है। इसी कारण खर की नली के एक सिरे पर एक कीप लगाकर, दूसरे दर्पण के फोकस पर रख कर, नली के दूसरे सिरे पर कान लगाने से घड़ी की आवाज स्पष्ट सुनाई पड़ती है।

### प्रतिध्वनि

ध्वनि के परावर्तन के कारण ही प्रतिध्वनि (echo) उत्पन्न होती है। ध्वनि जब पहाड़, दीवार या अन्य किसी बाधा से टकराकर और परावर्तित होकर लौट आती है उस समय एक ही ध्वनि दो या अधिक बार सुनाई देती है; इसे प्रतिध्वनि कहते हैं। अगर ध्वनि कई बार परावर्तित होकर लौट आती है तो कई बार प्रतिध्वनि सुनाई पड़ती है। बंद कमरे में आवाज इसलिए गूँजती हुई मालूम पड़ती है कि ध्वनि चारों ओर की दीवारों से बार-बार परावर्तित होती है।

शब्दों की प्रतिध्वनि साफ सुनाई देने के लिए आवश्यक है कि परावर्तन सतह से कान की दूरी कम से कम ५६ फुट हो, क्योंकि मनुष्य के कान में प्रत्येक ध्वनि का प्रभाव लगभग ०.१ सेकंड तक बना रहता है। इस समय के अंदर अन्य शब्द कान पर प्रभाव नहीं डाल सकते हैं। अर्थात् एक शब्द और दूसरे शब्द के बीच ०.१ सेकंड का अंतर होने से ही उस दूसरे शब्द को हम स्पष्ट सुन सकते हैं। इस प्रकार किसी शब्द की ध्वनि की उत्पत्ति के बाद उसके परावर्तक बाधा तक जाने तथा वहाँ से परावर्तित

होकर लौट आने में कम से कम ०.१ सेकेंड का समय लगने से ही हम प्रति-ध्वनि को स्पष्ट सुन सकते हैं। साधारण अवस्था में, वायु के माध्यम में, ध्वनि का वेग प्रति सेकेंड ११२० फुट है। इसलिए ध्वनि को ५६ फुट जाने तथा परावर्तित होकर लौट आने में ०.१ सेकेंड लगता है।

प्रतिध्वनि के गुंजन से बचने के लिए सिनेमा हॉल आदि की दीवारों को इस प्रकार बनाया जाता है कि उनमें ध्वनि का अवशोषण हो सके और उनसे टकराकर ध्वनि का न्यूनतम परावर्तन हो।

किसी नली के अंदर से गमन करते समय ध्वनि उसकी दीवार से बार-बार परावर्तित होकर दूसरे सिरे तक चली जाती है और बिखर कर नष्ट न हो जाने के कारण साफ सुनाई देती है। इसी सिद्धांत के आधार पर बात करने की नली (speaking tube) तथा टाक्टरो का स्टेयस्कोप आदि बनते हैं। स्टेयस्कोप के मुँह पर पहुँचने वाली ध्वनि नलियों की सहायता से दोनों कानों में पहुँचाती है और साफ सुनाई पड़ती है।

### सुरीली ध्वनि

वस्तु के कपन से ध्वनि उत्पन्न होती है। वस्तुओं में नियमित कपन उत्पन्न होने से सुरीली ध्वनि निकलती है। सुरीली ध्वनि उत्पन्न करने के लिए जिन यंत्रों का व्यवहार होता है, उन्हें वाद्य-यन्त्र कहते हैं।

ध्वनियाँ नाना प्रकार की होती हैं। कोई स्वर मोटा तो कोई पतला, किसी में मधुरता अधिक तो किसी में कम, कोई प्रबल और, कोई क्षीण आदि। सुरीली ध्वनि की तीन प्रधान विशेषताएँ होती हैं—

(१) तारत्व, (pitch), (२) तीव्रता (intensity) तथा (३) गुण (quality)।

एक ही वाद्य से विभिन्न प्रकार के स्वर निकलते हैं। स्वर की मोटाई या महीनपन को उसके तारत्व की निम्नता या उच्चता कहते हैं। मोटा स्वर निम्न तारत्व का और महीन स्वर उच्च तारत्व का स्वर है। तारत्व ध्वनि की आवृत्ति पर निर्भर करता है। आवृत्ति जितनी अधिक होगी तारत्व उतना ही अधिक होगा और स्वर उतना ही महीन होगा। आवृत्ति कम होने से तारत्व कम और स्वर मोटा होगा।

एक ही तारत्व के स्वरों की तीव्रता में अन्तर हो सकता है ।

एक ही तारत्व और तीव्रता के दो स्वरों में भी अन्तर हो सकता है । इस अन्तर को स्वर का गुण कहते हैं । ध्वनि का गुण उसके तरंग के रूप पर निर्भर करता है ।

### वाद्ययंत्र

वाद्ययंत्र प्रधानतः तीन प्रकार के होते हैं :—(१) तार वाले वाद्ययंत्र, (२) वायु-वाद्ययंत्र, (३) डायाफ्राम (diaphragm) वाले वाद्ययंत्र ।

### तार वाले वाद्ययंत्र

इन यंत्रों में तार, डोरी या तaut लगी हुई होती है, जिसके कपन से ध्वनि उत्पन्न होती है । इनमें लकड़ी का बक्सा या लौकी की तुमड़ी लगी रहती है जो ध्वनि बक्सा (sound box) का काम करती है । तार कंपित होने से ध्वनि बक्सा भी कंपित होकर ध्वनि की तीव्रता और गुणता में वृद्धि करता है ।

तानपूरा, सितार, सारंगी, इकतारा, वीणा, बेला, इसराज, पियानो आदि तारवाले वाद्ययंत्र हैं । तार वाले वाद्ययंत्रों में से कुछ को अँगुली से खींचकर और कुछ को एक प्रकार के धनुष द्वारा कपित किया जाता है । सितार, तानपूरा, वीणा, इकतारा आदि के तार को अँगुली से बजाया जाता है । बेला, सारंगी, इसराज आदि बजाने के लिए धनुष काम में लाया जाता है । पियानो जैसे तार वाले यंत्रों को बजाने के लिए चाभी दबाकर उससे लगे हुए छोटे-से हथौड़े जैसे यंत्र से तार को कंपित किया जाता है ।

तार वाले वाद्ययंत्रों में साधारणतः तारों का सिरा खूँटी या हुक से बँधा रहता है और दूसरा सिरा ऐसी खूँटियों से लगा रहता है जिसे आवश्यकता-नुसार ऐँठकर तार का तनाव बढ़ाया-घटाया जा सकता है । तार का तनाव बढ़ाने-घटाने से उसकी आवृत्ति में भी वृद्धि या कमी हो जाती है और साथ ही ध्वनि का तारत्व भी बढ़-घट जाता है । तनाव में वृद्धि होने से आवृत्ति बढ़ जाती है और ध्वनि का तारत्व भी बढ़ जाता है । तार की लंबाई और मोटाई पर भी ध्वनि का तारत्व निर्भर करता है । लंबाई अधिक होने से ध्वनि मोटी होती है । इसलिए एक ही तार के तनाव या लंबाई को घटा-बढ़ाकर, एक सीमा के अंदर के तारत्व के स्वर, एक ही तार से उत्पन्न किये जा सकते हैं । इस सीमा के बाहर के मोटे स्वरों के लिए मोटे तार और



पतले (उच्च तारत्व के) स्वरों के लिए पतले तार का व्यवहार किया जाता है।

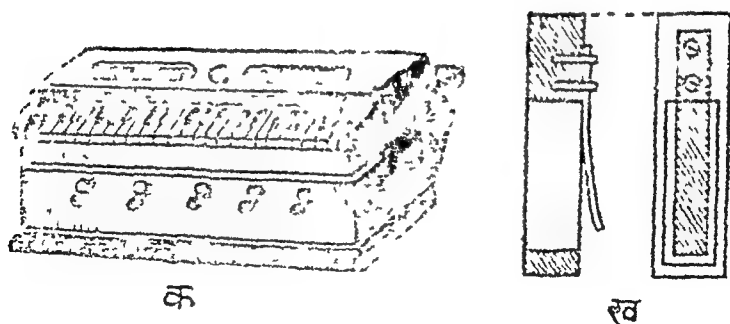
### वायु-वाद्ययन्त्र

वायु-वाद्ययन्त्रों में मुँह से या धाँकनी द्वारा फूँककर, या अन्य किसी यांत्रिक उपाय से, वायु प्रवेश कराई जाती है और वायु-स्तम्भ में कंपन उत्पन्न करके स्वर निकाला जाता है। वायु-वाद्ययन्त्र साधारणतः दो प्रकार के होते हैं —रीड वाले वाद्ययन्त्र तथा वाद्य-नली।

रीड वाले वाद्ययन्त्रों में एक वायु-कोष्ठ होता है जिसमें धाँकनी की सहायता से वायु प्रवेश कराई जाती है। वायु-कोष्ठ के भीतर सुराख बने होते हैं, जिनकी वगल में धातु की पत्तियाँ या रीड (reed) लगी होती हैं। भाथी से वायु भर देने से पत्ती में कंपन पैदा होता है और ध्वनि निकलती है। हारमोनियम रीड वाले वाद्ययन्त्रों में प्रधान है।

### हारमोनियम

हारमोनियम एक वक्सानुमा यन्त्र है। इसकी एक वगल में हवा भरने की धाँकनी लगी हुई होती है। इसमें विभिन्न आवृत्ति के सैंतीस रीड लगे रहते हैं। ये रीड एक बोर्ड पर एक पक्ति में लगे रहते हैं। प्रत्येक रीड हारमोनियम



[ चित्र ११७ : क—हारमोनियम, ख—रीड ]

के ऊपर लगी हुई छोटी-छोटी उजले और काले रंग की पट्टीनुमा एक-एक चाभी से संवधित रहता है। धाँकनी से वेग से वायु-कोष्ठ में वायु प्रवेश करवा कर किसी चाभी को दवाने से उससे संवधित रीड वायु के धक्के से कंपित

होने लगता है और इस प्रकार इच्छानुसार चाभी दबाकर हारमोनियम से इच्छित स्वर उत्पन्न किया जा सकता है।

हारमोनियम के रीडो की आवृत्तियाँ एक विशेष क्रम से निश्चित की जाती हैं। एक ओर से एक के बाद एक दूसरी चाभी दबाने से मालूम होगा कि स्वर का तारत्व बढ़ता जा रहा है। स्वर तारत्व में निश्चित क्रम से वृद्धि होने के कारण श्रुति-मधुर होते हैं।

वायु-वाद्यनली का एक मुँह या उसके दोनों मुँह खुले हो सकते हैं। आरगन नाम के वाद्ययंत्र में इस प्रकार की विभिन्न लंबाइयों और मोटाइयों की बहुत-सी नलियाँ होती हैं। जैसे किसी शीशी में फूँक मारने से उससे सीटी जैसी आवाज निकलती है और शीशी की मोटाई और लंबाई के अनुसार आवाज में भिन्नता होती है—इसी प्रकार चाभी दबाकर इन नलियों में वायु प्रवेश करा कर विभिन्न तारत्व की ध्वनियाँ-उत्पन्न की जाती हैं।

### वाँसुरी

वाँसुरी दोनों मुँह खुला हुआ वायु वाद्य-नली है। इसमें मुँह से फूँक कर हवा प्रवेश कराई जाती है। इसमें नीचे की ओर कई छेद बने हुए होते हैं जिन्हें अँगुलियों से दबाकर या खोलकर, इच्छानुसार स्वर उत्पन्न किया जाता है।

### तनुपट या डायफ्राम (Diaphragm) वाले वाद्ययंत्र

डायफ्राम वाले वाद्य-यंत्र को आघान वाद्ययंत्र भी कहा जाता है। खोखले खोल के ऊपर चमड़े का डायफ्राम लगाकर इस प्रकार के वाद्ययंत्र बनते हैं। तबला, ढोल, मृदंग, नगाड़ा, खंजरी आदि इस प्रकार के वाद्ययंत्र हैं। ढोल आदि के दोनों सिरो पर चमड़े के तनुपट या डायफ्राम लगे हुए होते हैं। तबला आदि के खोल का सिर्फ एक ही मुँह होता है और उस पर चमड़े का डायफ्राम लगा हुआ होता है। डायफ्राम का तनाव घटाने-बढ़ाने के लिए नीचे से छेद करके डोरियाँ लगा दी जाती हैं। इन डायफ्रामों पर हाथ या लकड़ी से चोट करके ध्वनि उत्पन्न की जाती है। डायफ्राम के कपन को नियंत्रित करने के लिए तबला, मृदंग आदि के डायफ्रामों के मध्य स्थान पर विशेष प्रकार का लेप लगा दिया जाता है।

### मनुष्य की वागिन्द्रिय

हमारे लिए, हजारों प्रकार की ध्वनियों में, मनुष्य के कंठ से निकलने वाली ध्वनि सबसे महत्वपूर्ण है। इस ध्वनि को जिह्वा, ओठ और तालु की सहायता से विभिन्न प्रकार के शब्दों (words) का रूप देकर तथा उन शब्दों को सनियमित तथा सुव्यवस्थित रूप से जोड़कर मनुष्य आपस में भावों और विचारों का आदान-प्रदान करते हैं।

मनुष्य की वागिन्द्रिय (vocal organ) की तुलना दोहरी रीड पाइप (double reed pipe) जैसी बाँसुरी से की जा सकती है। श्वास नली (trachea) के ऊपर तने हुए दो वाक्-तंतु (vocal cords) होते हैं। वाक्-तंतु रीड जैसा और श्वास नली पाइप जैसा काम करते हैं। श्वास नली के ऊपर, दोनों वाक्-तंतु के बीच में एक सँकरी झिरी जैसी होती है। इसे स्वर झिरी कहते हैं। वाक्-तंतु मांसपेशियों से जुड़े हुए होते हैं, जिनकी सहायता से इनके तनाव तथा कपन नियन्त्रित होते हैं। श्वास नली के ऊपरी भाग को कंठ (larynx) कहते हैं।

श्वास-नली नीचे की ओर फेफड़े तक चली जाती है। फेफड़े की हवा की सहायता से वाक्-तंतुओं में रीड जैसा कपन पैदा करके मनुष्य के कंठ से ध्वनि निकलती है। मांसपेशियों की सहायता से वाक्-तंतु के तनाव को बदल कर ध्वनि का तारत्व बदला जा सकता है।

पुरुष के वाक्-तंतु, स्त्री तथा बच्चों के वाक्-तंतुओं से लंबे होते हैं। इसलिए पुरुष के कंठ से निकलनेवाली ध्वनि का तारत्व निम्न और स्त्री तथा बच्चों की ध्वनि का तारत्व उच्च होता है और उनकी आवाज पतली तथा तीखी होती है।

ध्वनि, जिसे हम सुन नहीं सकते

देखा गया है कि ध्वनि की आवृत्ति (frequency) १६ साइकिल प्रति सेकेंड (cycle per second) से कम होने से या १६००० साइकिल प्रति सेकेंड (16 kilocycle per second) से अधिक होने से मनुष्य उस ध्वनि को सुन नहीं सकता है। मनुष्य की श्रवण-शक्ति के परे उच्च आवृत्ति की ध्वनि को पराश्रव्य-ध्वनि (ultrasonic sound) कहते हैं।

यद्यपि मनुष्य पराश्रव्य-ध्वनि नहीं सुन सकता है, फिर भी बहुत-से ऐसे प्राणी हैं जो इस प्रकार की ध्वनि उत्पन्न कर सकते हैं तथा उसे सुन सकते हैं।

उच्च आवृत्ति की पराश्रव्य-ध्वनि का उपयोग उद्योग, चिकित्सा-विज्ञान आदि बहुत-से कामों में होता है। इसकी सहायता से बिना तोड़े ही धातु-निर्मित वस्तुओं में तथा खर-निर्मित टायरों में मौजूद खामियों का पता लगाया जा सकता है। लड़ाई के समय पानी के नीचे छिपे हुए पनडुब्बी जहाज का पता इसी की सहायता से लगाया जाता है। कैंसर नामक रोग का पता लगाने के लिए तथा उसकी चिकित्सा के लिए भी इसका इस्तेमाल होता है। इसकी सहायता से भू-गर्भ में स्थित कोयले तथा अन्य धातुओं का पता लग सकता है। रेडार, टेलिविजन, माइक्रोस्कोप तथा टेलिस्कोप आदि में भी इसके इस्तेमाल होते हैं। साथ ही, बैक्टीरिया मारने, यंत्रों के वारीक पार्ट-पुर्जों पर से तेल का मैल आदि साफ करने, कपड़े रँगने तथा इस्तिरी करने आदि कितने ही कामों में पराश्रव्य-ध्वनि का उपयोग होता है।

### मनुष्य का कान

कान मनुष्य का वह अंग है जिसके द्वारा ध्वनि-तरंग गृहीत होकर, श्रवण-तन्त्रिकाओं की सहायता से उद्दीपन के रूप में मस्तिष्क में पहुँचती है और मनुष्य ध्वनि सुनता है, अर्थात् कान मनुष्य तथा सभी प्राणियों के लिए सुनने की इन्द्रिय है।

मनुष्य के कान को, बनावट के अनुसार, तीन भागों में विभक्त किया जा सकता है :—(१) बाहरी कान, (२) मध्य कान तथा (३) आंतरिक कान।

### बाहरी कान

हम साधारणतः जिसे कान कहते हैं, वह असल में बाहरी कान का एक भाग है। इस भाग को कर्ण-पल्लव (pinna) कहा जाता है। कर्ण-पल्लव ध्वनि-तरंगों को परावर्तित करके उन्हें कर्ण-कुहर के अन्दर फोकस करता है। इसके बीच से प्रायः एक इंच लंबी एक पतली नली भीतर की ओर जाती है। इस नली को कर्ण कुहर (auditory meatus) कहते हैं। इनका अंतिम भाग कर्ण-पट्ट (tympanum) से ढका रहता है। कर्ण-नली के भीतर की त्वचा

में कुछ छोटी-छोटी ग्रन्थियाँ होती हैं, जिनमें मांस जैसा पदार्थ मिलता है। इन कान का गुँठ या मीन (ear wax) कहते हैं। इस मांस जब जल्द बाधा में निकलता है तो मध्य कर्ण के वायुमण्डल की स्थिति को बाध करता है। किन्तु अधिक मात्रा में निकलने में ओर मध्य-कर्णों का मांस मिला जाने में कर्ण-नली का अन्दर जमा होने का कारण भी प्रत्यक्षतया में बाधा उत्पन्न करता है। इस समय कर्ण स्पष्ट नहीं सुनाई देती है। इससे कर्ण-नली को साफ रखना चाहिये। इन मांस कणिकों में अनाधान ही में अन्तर्-नली बाध भी होती है जो ध्वनि-कणों का अन्तर्-जाने में बाधने से।

### मध्य कान

मध्य कान, कर्ण-नली के अन्त में अवस्थित रहने की स्थिति में कर्ण-पट्ट में आरम्भ होता है और मध्य कर्णों की हड्डियों में चिरी हुई एक छोटी-सी कोठरी की तरह, जिसे कर्ण-गुहा (tympanic cavity) कहते हैं, जाता है। इस कोठरी के अन्दर कर्ण-पट्ट में से एक भीतरी दीवार पर तीन छोटी-छोटी हड्डियाँ क्रम में लगी होती हैं, जिन्हें मध्य-अस्थियाँ (auditory ossicles) कहते हैं। सबसे आगे की अस्थि को, जिसका एक निरा कर्ण-पट्ट की ओर में घुमा हुआ रहता है—मृदुमर्मास्थि या मेल्लियस (malleus) कहते हैं, क्योंकि यह आकार में लोखंड जैसा होता है। मृदुमर्मास्थि का दूसरा निरा एक निहाई के आकार की अस्थि में लगा हुआ होता है जिसे इनकस (incus) या निहाई-अस्थि कहते हैं। निहाई-अस्थि का अन्तिम निरा एक स्काय-जैसी अस्थि में लगा होता है। इस आधिरि अस्थि को स्कावास्थि (stapes) कहा जाता है। स्कावास्थि का दूसरा छोड़ा निरा मध्य-कर्ण गुहा (tympanic cavity) के अन्त में अवस्थित एक छोटे-से जंझाकार छिद्र को छूँता है। इस छिद्र को फोनेस्ट्रा ओवेलिस (fenestra ovalis) कहते हैं। इससे मध्य-कर्ण का संयोग आंतरिक कर्ण से होता है। आंतरिक कान या कलामय गहन (membranous labyrinth) घोंपे की आकृति की हड्डी का एक खोत है जो अस्थिमय गहन (bony labyrinth) के अन्दर और उसी आकार का होता है। फोनेस्ट्रा ओवेलिस असल में इसी अस्थिमय गहन का खंड है।

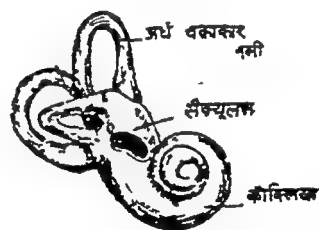
मध्य-कर्ण के कोष्ठ के नीचे से एक पतली नली कंठ की ओर चली जाती है और मध्य कर्ण-गुहा को कंठ से मिलाती है। इस नली को यूस्टेकियो-नली

(eustachian tube) कहते हैं। इस प्रकार से मध्य-कर्ण का सम्बन्ध बाहरी वायु से रहने पर कर्ण-पटह के दोनों तरफ वायु का दाब समान रहता है तथा ध्वनि-तरंगों से कर्ण-पटह ठीक से कंपित हो सकता है और अचानक अधिक तेज आवाज के कारण कर्ण-पटह फटने से बच जाता है।

### आंतरिक कान

झिल्ली के बने हुए घोंघे जैसे आकार के कलामय गहन (membranous labyrinth) को आंतरिक कान कहते हैं। यह श्रवणेन्द्रिय का सबसे महत्त्वपूर्ण भाग है। यह कलामय गहन एक उसी आकार की हड्डी के या अस्थिमय गहन (bony labyrinth) के अन्दर बन्द रहता है। कलामय गहन के अन्दर एक तरल पदार्थ होता है जिसे अन्तर्लसिका (endolymph) कहते हैं। अस्थिमय गहन के अन्दर, किन्तु कलामय गहन के बाहर, एक अन्य तरल पदार्थ होता है, उसे परिलसिका (perilymph) कहते हैं।

आंतरिक कान के तीन भाग होते हैं :—सैक्यूलस (sacculus), कौक्लिया (cochlea) तथा अर्द्ध-वृत्ताकार नलिकाएँ (semi circular canals)। सैक्यूलस आंतरिक कान का मध्य भाग है और सामने की ओर से घोंघे के रूप के, कौक्लिया से और पीछे की ओर से तीन अर्द्ध-वृत्ताकार नलिकाओं से जुड़ा हुआ होता है। कौक्लिया के अंदर ही श्रवण-तंत्रिकाओं के आखिरी सिरे (endings) होते हैं, जिनमें से ध्वनि-कंपन उद्दीपन के रूप में मस्तिष्क में पहुँच जाता है। इससे हम ध्वनि को सुनते हैं। कौक्लिया के अन्दर इस स्थान को कर्टीका अंग (organ of corti) कहते हैं।



[ चित्र ११८—मनुष्य का आंतरिक कान ]

अर्द्ध-वृत्ताकार नलिकाओं द्वारा हमें शरीर की विभिन्न स्थितियों में भिन्न-भिन्न दिशाओं का ज्ञान हो जाता है और इस प्रकार से हमें अपने शरीर की साम्य स्थिति (equilibrium of the body) बनाये रखने में सहायता मिलती है।

### श्रवण-विधि (Mechanism of hearing)

पदार्थों के कंपन से ध्वनि-तरंग उत्पन्न होकर उसके चारों ओर की वायु को भी कंपित करती है। ये तरंगे कर्ण-पल्लवों द्वारा एकत्रित होकर कर्ण-नली से गुजरकर कर्ण-पटह से टकराती हैं। इस प्रकार से कर्ण-पटह कंपित होता है। यह कंपन मुद्गरास्थि से होकर निहाई में फिर रकावास्थि से होकर आंतरिक कान में पहुँच जाता है। इससे कलामय गहन के बाहर और अन्दर के द्रव पदार्थों में तरंगें उत्पन्न होती हैं और फिर श्रवण-तंत्रिका इस अनुभूति को मस्तिष्क तक पहुँचा देती है। इस प्रकार हम शब्द को सुनते हैं।

### बधिरता

कान के इन अंग-प्रत्यंगों में से एक के भी खराब हो जाने से या किसी में भी खामी आ जाने से, मनुष्य सुन नहीं सकता है। इसे [बधिरता कहते हैं। कभी-कभी मनुष्य पूर्ण बधिर होने के बजाय कम सुनने लगता है। यह भी उन्हीं कारणों से होता है। श्रवण-सहायक यंत्रों की सहायता से कंपन को शक्तिशाली करके कम सुनने वाले मनुष्य सुन सकते हैं।

### ध्वनि का वेग

हमें यह मालूम है कि जब आकाश में बिजली चमकती है तब उसका तेज प्रकाश दिखाई देने के कुछ समय के बाद कड़ाके की आवाज सुनाई देती है। अतः यह प्रतीत होता है कि ध्वनि का वेग, प्रकाश के वेग से कम है। ध्वनि एक सेकेड में जितनी दूरी तय करती है वह ध्वनि का वेग है। यह वेग माध्यम पर निर्भर करता है। जो माध्यम-जितना ही घना होता है उसमें से ध्वनि उतनी ही तेजी से जाती है—जैसे वायु की अपेक्षा पानी में ध्वनि अधिक तेजी से चलती है। पानी में ध्वनि का वेग हवा में इसके वेग से प्रायः चौगुना है। इस प्रकार पानी की अपेक्षा ठोस में ध्वनि का वेग अधिक होता है। वायु में ध्वनि का वेग, वायु के तापमान पर भी निर्भर करता है। तापमान अधिक होने से ध्वनि का वेग भी अधिक होता है। हवा में  $0^{\circ}\text{C}$  तापमान पर ध्वनि का वेग लगभग ११२० फुट प्रति सेकेड या ३२२ मीटर प्रति सेकेड है। हवा में नमी रहने पर ध्वनि के वेग पर उसका असर पड़ता है।

विभिन्न माध्यमों में, साधारण अवस्था में, ध्वनि के वेग ये हैं :—

माध्यम	वेग
हवा	१,१०० फुट प्रति सेकेंड (लगभग)
मीठा पानी	४,६०० " " " "
समुद्र का पानी	५,६०० " " " "
लोहा	१६,००० " " " "
ताँबा	१२,६०० " " " "
ऐलुमिनियम	१६,६०० " " " "
काँच	१६,२५० " " " "
लकड़ी	१२,००० " " " "





## ध्वनि-यंत्र

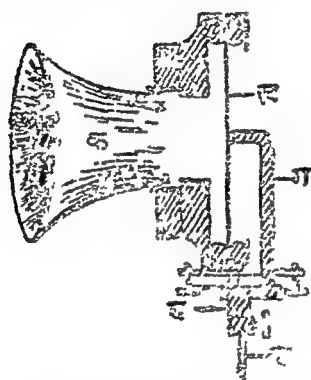
ग्रामोफोन यंत्र में रेकार्ड वजाकर हम घर बैठे, जब चाहें, अच्छे गायकों के गाने, महापुरुषों की वाणी, समुद्र की गंभीर ध्वनि, हिंस्र पशुओं का गर्जन, पक्षियों का मधुर कूजन आदि सुन सकते हैं। ध्वनि का स्थायी रूप से ध्वनि-अभिलेखन (recording of sound) तथा उसके पुनरुत्पादन (reproduction) द्वारा ऐसा होना संभव होता है।

वस्तु के कंपन से ध्वनि की उत्पत्ति होती है। इस कंपन से वायु में ध्वनि-तरंग की उत्पत्ति होती है। ये तरंग जब हमारे कर्ण-पटह से आकर टकराती हैं और उसमें उसी प्रकार कंपन उत्पन्न करती हैं तब हम ध्वनि को सुनते हैं। अगर किसी ध्वनि-तरंग की प्रतिलिपि बना ली जाए और आवश्यकतानुसार उसकी सहायता से फिर से वायु में उसी प्रकार की तरंगों की उत्पत्ति की जाए तो हम उस ध्वनि को फिर से सुन सकते हैं। फोनोग्राफ आदि इसी सिद्धांत के आधार पर बने हैं। ध्वनि-तरंग की प्रतिलिपि बनाने को ध्वनि-अभिलेखन और उसकी सहायता से फिर से उसी प्रकार ध्वनि-तरंग की उत्पत्ति को पुनरुत्पादन कहते हैं।

सन् १८७७ में टामस अल्वा एडीसन नामक वैज्ञानिक ने ध्वनि-अभिलेखन तथा उसके पुनरुत्पादन के लिए फोनोग्राफ यंत्र बनाया। इस यंत्र से ये दोनों काम हो सकते थे। इसे वर्तमान ग्रामोफोन यंत्र का आदिम रूप कहा जा सकता है। इसमें रेकार्ड वेलनाकार होता था जिसके ऊपर लगे हुए मोम या टीन की मुलायम परत पर ध्वनि-अभिलेखन होता था। बाद में वाल्टर नाम के वैज्ञानिक ने इस यंत्र में सुधार करके ग्रामोफोन यंत्र बनाया। उन्होंने वेलनाकार रेकार्ड के स्थान पर रेकार्ड का वर्तमान रूप, थालीनुमा गोल रेकार्ड बनाया।

ध्वनि-अभिलेखन (sound recording)—ग्रामोफोन के रेकार्ड पर ध्वनि का अभिलेखन इस प्रकार होता है—शंकु के आकार की नली के पतले मुँह के सामने एक क्षिल्ली या डायफ्राम कसकर लगा हुआ होता है। डाय-

फ्राम के मध्य बिंदु पर एक लीवर का एक सिरा लगा हुआ होता है। नीचे की ओर एक आलं- की सहायता से लीवर लटकता रहता है और धड़-उधर हिल सकता है। लीवर के दूसरे सिरे पर पेंच द्वारा एक बहुत ही नुकीली सूई लगी हुई होती है। नली के मुँह का दूसरा सिरा धीरे-धीरे मोटा होकर हॉर्न जैसा बना हुआ होता है। हॉर्न के चौड़े मुँह के पास ध्वनि उत्पन्न करने से तरंग जैसे-जैसे अंदर घुसती जाती है वैसे-वैसे वे सघन होती जाती हैं और अंत में नली के पतले मुँह पर लगी हुई डायफ्राम



[ चित्र ११९—ध्वनि-अभिलेखन यंत्र क—कोनाकार नली, ख—डायफ्राम, ग—लीवर, घ—आलं, च—सूई ]

से टकरा कर उने कंपित करने लगती है। डायफ्राम के कंपित होने से उसके साथ लगा हुआ लीवर और फिर लीवर से लगी हुई सूई कंपित होने लगती है। सूई के नीचे मोम के मिश्रण से बना हुआ एक समतल गोल तवा रखा होता है। ध्वनि-अभिलेखन के समय यांत्रिक युक्ति से इस तवे को घूर्णित रखा जाता है और सूई उसपर एक पतली रेखा खुदती जाती है। यंत्र इस प्रकार ने बनाया हुआ होता है कि सूई घूमती हुई तवा के किनारे से केंद्र की ओर लगातार खाँचे (grooves) काटती हुई बढ़ती जाती है।

असल में ये खाँचे सीधे-सपाट न होकर डायफ्राम के साथ सूई के कंपित होने के कारण तरंगित सर्पिल (wavy spiral) होते हैं। इस प्रकार से बने हुए रेकार्ड को मूल रेकार्ड (original record) कहते हैं। मूल रेकार्ड से वैद्युतिक प्रणाली द्वारा एक धातु-निर्मित रेकार्ड बनाया जाता है, जिसे निगेटिव (negative) कहते हैं। इस निगेटिव में छापकर बाजार में विक्रय के लिये कचकड़े के रेकार्ड बनाये जाते हैं।

ध्वनि-अभिलेखन की एक आधुनिकतम विधि को टेप-रेकॉर्डिंग (tape-recording) कहते हैं। इसमें विशेष प्रकार के फीते पर ध्वनि की चुम्बकीय आकृतियाँ बनती हैं, जिसे विशेष प्रकार के यंत्र द्वारा पुनरुत्पादित किया जाता है।

## ध्वनि का पुनरुत्पादन (Reproduction of sound)

रेकॉर्ड पर अभिलिखित ध्वनि का पुनरुत्पादन फोनोग्राफ या ग्रामोफोन यंत्र द्वारा किया जाता है। ध्वनि-अभिलेखन की क्रिया को उलटा कर देने से अर्थात् रेकॉर्ड के तरंगित सर्पिल खाँचों पर सूई को चलाकर कंपित करने पर उसके साथ लगे हुए लीवर में कपन उत्पन्न होगा और उससे नली के सामने लगा हुआ डायफ्राम कंपित होकर ठीक उसी प्रकार की ध्वनि उत्पन्न करेगा। डायफ्राम के साथ लगी हुई नली हॉर्ननुमा होने के कारण (या उसके साथ हॉर्न लगा देने से) ध्वनि की तीव्रता बढ़ जाती है। ग्रामोफोन यन्त्र में इसी प्रकार के डायफ्राम से युक्त एक नली लगी हुई होती है; डायफ्राम साधारणतः अम्रक (mica) का बना होता है। इसे साउण्ड-बक्स (sound box) कहते हैं। शकु के आकार की एक मुड़ी हुई नली के साथ साउंड बक्स जुड़ा हुआ होता है।

ग्रामोफोन में रेकॉर्ड लगाकर स्प्रिंग या विजली-मोटर की सहायता से उसे घूर्णित किया जाता है और उसपर साउंड-बक्स के साथ लगी हुई सूई बैठ जाती है। सूई तरंगित खाँचों पर नाचती हुई रेकॉर्ड के केन्द्र की ओर जाती है और उससे डायफ्राम में कपन उत्पन्न होकर ध्वनि का पुनरुत्पादन होता है। पुनरुत्पादित ध्वनि हॉर्न से तीव्र होकर बाहर निकल जाती है। आजकल अधिकांश ग्रामोफोन या रेकॉर्ड प्लेयर के हॉर्न बाहर न होकर उसके बक्स के अंदर ही लगे होते हैं।

## टेलीफोन (Telephone)

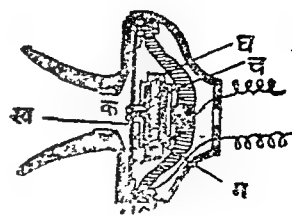
टेलीफोन एक ऐसा यंत्र है, जिसकी सहायता से हम हजारों मील दूर रहनेवाले व्यक्ति से उसी प्रकार वार्तालाप कर सकते हैं जैसा कि पास बैठे व्यक्ति के साथ। अर्थात् इस यंत्र की सहायता से हम ध्वनि-तरंगों को जितनी भी दूर चाहें, भेज दे सकते हैं।

इस यंत्र का आविष्कार वैज्ञानिक ग्राहम बेल (Graham Bell) ने सन् १८७६ में किया था। टेलीफोन तंत्र में एक प्रेषक (transmitter) और एक ग्राहक (receiver) यंत्र तथा दोनों को जोड़नेवाली लाइन होती है। आजकल अधिकांश टेलीफोनों में प्रेषक तथा ग्राहक यन्त्र एक ही साथ जुड़े हुए होते हैं। टेलीफोन का प्रेषक यंत्र ध्वनि-तरंगों को विद्युत-धारा में

परिवर्तित करके लाइन के दूसरे सिरे पर लगे हुए ग्राहक यंत्र में भेज देता है। ग्राहक यंत्र उस विद्युत्-धारा को फिर से ध्वनि-तरंगों में परिवर्तित कर देता है और हम उसे सुन पाते हैं।

### प्रेषक यंत्र

इस यंत्र के सामने के अंश को ध्वनि-तरंगों का संग्रह करने के लिए शंकु के आकार का बनाया जाता है। इसे मुखिका (mouth piece) कहते हैं। मुखिका के अंत में एक नरम लोहे की झिल्ली या डायफ्राम लगा हुआ होता है। उसके पीछे कार्बन के दो पतले प्लेट इस प्रकार से लगे हुए होते हैं कि वे एक छोटे-से बक्से की दो दीवारों का काम करते हैं। डायफ्राम का केंद्र पास के प्लेट के साथ मजबूती से जुड़ा हुआ होता है। दोनों प्लेटों के बीच में कार्बन-चूर्ण भर दिया जाता है। लाइन का एक तार डायफ्राम के साथ तथा दूसरा तार पीछे के कार्बन-प्लेट में लगा दिया जाता है। यंत्र की मुखिका के सामने ध्वनि उत्पन्न होने से ध्वनि-तरंगों से डायफ्राम कपित होने लगता है। डायफ्राम सामने के कार्बन-प्लेट से जुड़ा होने के कारण, डायफ्राम के साथ-साथ प्लेट भी कपित होने लगता है और दोनों प्लेटों के बीच में भरे हुए कार्बन-चूर्ण पर दाब की कमी-वृद्धि होने लगती है। इससे कार्बन और प्लेटों के बीच का वैद्युतिक प्रतिरोध भी घटने-बढ़ने लगता है, जिसके फलस्वरूप सर्किट में बहती हुई विजली की धारा भी उसी अनुपात में बढ़ने और घटने लगती है। यह घटती-बढ़ती धारा लाइन से होकर ग्राहक-यंत्र में पहुँचकर उसके डायफ्राम में ठीक उसी प्रकार का कपन उत्पन्न करके ध्वनि का पुनरुत्पादन करती है।

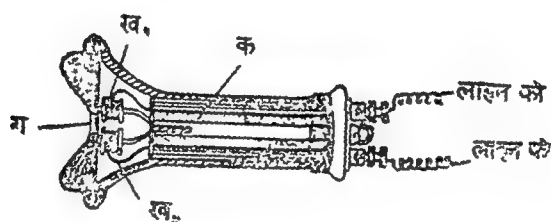


[ चित्र १२०—टेलीफोन का कार्बन माइक्रोफोन :  
क—मुखिका, ख—डायफ्राम, ग—घ—पतले कार्बन प्लेट, च—कार्बन-चूर्ण ]

इस प्रकार के प्रेषक यंत्र को कार्बन माइक्रोफोन कहते हैं। आजकल कार्बन माइक्रोफोन के स्थान पर, उससे अच्छा वैद्युतिक गतिज माइक्रोफोन इस्तेमाल किया जाता है।

## ग्राहक यंत्र ( Receiver )

इसके अंदर U के आकार का एक अस्थायी चुम्बक होता है। इसके दोनों सिरों पर पतले तार की एक-एक कुंडली लगी हुई होती है। प्रत्येक कुंडली लाइन के एक-एक तार से जुड़ी हुई होती है। कुंडलियों में लाइन द्वारा सवाद प्रेषक के टेलीफोन से आती हुई विद्युत-धारा प्रवाहित होने से चुम्बक के सम्मुख स्थित डायफ्राम को चुम्बक आकर्षित करने लगता है। साथ ही, धारा की कमी-वेशी से आकर्षण में भी कमी-वेशी होती रहती है और डायफ्राम कंपित होता रहता है। सवाद-प्रेषक के माइक्रोफोन में जिस प्रकार विद्युत-धारा में कमी-वेशी होती है, ग्राहक-यंत्र में भी धारा की उतनी ही



[ चित्र १२१—टेलीफोन का ग्राहक यंत्र : क—चुम्बक,  
ख, तथा ख<sub>२</sub>—कुंडली, ग—डायफ्राम ]

कमी-वेशी होने लगती है और उसका डायफ्राम ठीक उसी प्रकार का कंपन करता है जिस प्रकार प्रेषक के माइक्रोफोन का डायफ्राम। इसलिए ग्राहक के डायफ्राम के कंपन से ठीक वही ध्वनि-तरंगें उत्पन्न होती हैं।

## टेलीफोन एक्सचेंज

साधारण टेलीफोन-सर्किट से केवल दो निदिष्ट स्थानों के बीच ही बातचीत हो सकती है, अन्य स्थानों से नहीं। इस कमी को दूर करने के लिए स्थान-स्थान पर टेलीफोन एक्सचेंज बनाए जाते हैं। टेलीफोन एक्सचेंज में एक्सचेंज बोर्ड (exchange board) होते हैं। उस इलाके की तमाम लाइनें इस बोर्ड से जुड़ी हुई होती हैं। इलाके के प्रत्येक टेलीफोन-यंत्र को एक निश्चित संख्या द्वारा चिह्नित कर दिया जाता है। जब कोई आदमी किसी से बातचीत करना चाहता है तब एक्सचेंज के संचालक (operator) से

कहने से वह इन दोनों संख्याओं वाले टेलीफोनो को मिलाकर एक सर्किट बना देते हैं। इसी प्रकार से एक एक्सचेंज से दूसरे एक्सचेंज को मिलाकर दूर-दूर के स्थानों से बातचीत की जा सकती है। एक ही मुख्य एक्सचेंज के अंदर बातचीत को स्थानीय टेलीफोन कॉल तथा दूर के स्थानों में बातचीत को ट्रंक टेलीफोन कॉल कहते हैं।

आधुनिक स्वचालित एक्सचेंज में संचालक की आवश्यकता नहीं होती है। प्रेषक-यंत्र के साथ लगी हुई सख्या-युक्त चकती को घुमाकर आवश्यक सख्या को निर्देशित कर देने पर एक्सचेंज में यांत्रिक युक्ति से अपने-आप सर्किट जुड़ जाता है। पटना नगर का टेलीफोन एक्सचेंज इस प्रकार का स्वचालित एक्सचेंज है।

### लाउड स्पीकर

इस यंत्र की सहायता से ध्वनि को जोरदार बनाकर दूर तक फैलाया जा सकता है ताकि उसे बहुत-से लोग सुन सकें। सभा आदि में, थिएटर-सिनेमा में, जहाँ भी काफी लोग जमा होते हैं, ध्वनि की तीव्रता बढ़ाने के लिए इस यंत्र का प्रयोग होता है। साथ ही रेडियो, ग्रामोफोन आदि लगभग सभी वैद्युतिक ध्वनि-यंत्र में, आवश्यकतानुसार छोटे-बड़े लाउडस्पीकर लगाये जाते हैं।

लाउडस्पीकर में भी टेलीफोन जैसा एक वैद्युतिक माइक्रोफोन लगा हुआ होता है। इसमें से ध्वनि-तरंग विद्युत्-धारा में परिवर्तित होकर एक प्रवर्द्धक (amplifier) यंत्र में जाती है। इसमें प्रवर्धित होकर वह फिर ग्राहक यंत्रों में जाकर तीव्र ध्वनि के रूप में निकल आती है।



## चुम्बक और चुम्बकत्व

( Magnet and Magnetism )

मैग्नेटाइट या दिक्सूचक पत्थर

हमारे देश में मंसूर राज्य में एक प्रकार का खनिज पत्थर मिलता है, जिसमें लोहे के टुकड़े को आकर्षित करने का गुण होता है। ऐसे पत्थर को चुम्बक कहते हैं और उसके विशेष गुणों को चुम्बकत्व कहते हैं। यह पत्थर एशिया माइनर के मैग्नेशिया नामक स्थान में सर्वप्रथम पाया गया था। इसलिए इसका नाम मैग्नेटाइट (Magnetite) पड़ा। संयुक्त-राज्य अमेरिका, नार्वे, स्वीडन, कनाडा, फिनलैंड, साइबेरिया आदि देशों में भी यह पत्थर मिलता है।

मैग्नेटाइट पत्थर लोहा तथा आक्सीजन का एक विशेष यौगिक है और देखने में गहरे भूरे रंग का होता है। लोहा आदि को आकर्षित करने की शक्ति के साथ-साथ इसमें एक और गुण होता है। अगर इसके एक टुकड़े को धागे में बाँधकर लटका दिया जाए तो उसका एक सिरा हमेशा उत्तर की ओर और अन्य सिरा दक्षिण की ओर रहेगा। प्राचीन काल में नाविक इसके इस गुण को जानते थे और इससे समुद्र में दिशा का पता लगाते थे। इस कारण इसका नाम दिक्सूचक पत्थर ( lodestone ) भी पड़ा।

इस पत्थर के एक टुकड़े को लेकर अगर लौहचूर्ण में डाल दिया जाए तो देखा जाएगा कि लौह-चूर्ण उसमें चिपक गए हैं। पत्थर उठा लेने पर दिखाई देगा कि चूर्ण दोनों सिरों पर गुच्छे, जैसे लगे हुए हैं और बीचवाला स्थान संपूर्ण रूप से खाली है।

चुम्बक दो तरह के होते हैं—प्राकृतिक चुम्बक तथा कृत्रिम चुम्बक। मैग्नेटाइट या दिक्सूचक पत्थर ही एक मात्र प्राकृतिक चुम्बक है।

### कृत्रिम चुम्बक

लोहा तथा इस्पात में साधारणतः चुम्बकत्व का गुण नहीं रहता । कृत्रिम उपायो से जब इनमें इस गुण की सृष्टि की जाती है, तब वे कृत्रिम चुम्बक कहलाते हैं । प्राकृतिक चुम्बक की शक्ति कम होती है और इनके आकार भी अनियमित होते हैं । इस कारण इससे विभिन्न प्रकार के काम लेना संभव नहीं होता । कृत्रिम चुम्बक, शक्तिशाली तथा उपयुक्त आकार के बनाये जा सकते हैं । आजकल प्राकृतिक चुम्बक के बदले सभी कामों में कृत्रिम चुम्बक का उपयोग किया जाता है । कृत्रिम चुम्बक कई आकार के होते हैं—

(१) छड़-चुम्बक ( bar magnet )—लोहा या इस्पात की आयताकार लंबी, चपटी और समतल छड़ से बने हुए चुम्बक को छड़-चुम्बक कहते हैं ।

(२) नाल-चुम्बक (horse-shoe-magnet)—इसका आकार घोड़े के नाल या अंग्रेजी अक्षर U जैसा होता है । लोहे या इस्पात की चपटी छड़ को U जैसा मोड़कर और उसके दोनों सिरों को दबाकर परस्पर निकटतर कर दिया जाता है । इस प्रकार से बने हुए चुम्बक को नाल-चुम्बक या U चुम्बक कहते हैं ।

(३) चुम्बकीय सूई (magnetic needle)—यह इस्पात से बनी हुई सूई होती है जिसके दोनों सिरे नुकीले होते हैं । इसके बीच में गड्ढा करके इसे चूल पर इस प्रकार बैठाया जाता है कि सूई क्षितिज-तल में रहे ।

(४) गोलांत चुम्बक (ball-ended magnet)—इस्पात की बेलनाकार छड़ के दोनों सिरों पर इस्पात की दो गोलियों को पेच से कसकर यह चुम्बक बनाया जाता है इसको रॉबिनसन गोलांत चुम्बक (Robinson's ball ended magnet) या केवल गोलांत चुम्बक कहते हैं ।

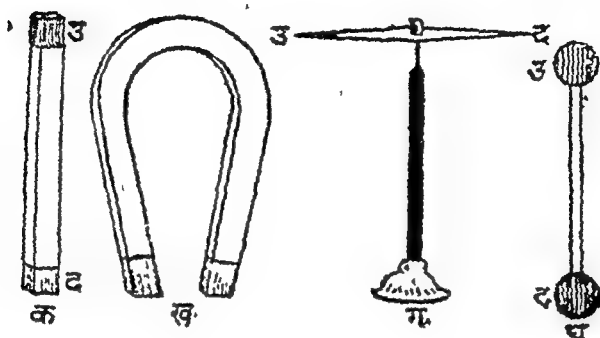
चुम्बक ध्रुव (Poles of the magnet) तथा

चुम्बकीय अक्ष (Magnetic axis)

एक छड़-चुम्बक को अगर मध्य भाग में धागा बाँधकर लटका दिया जाए या सूई-चुम्बक को बीच में चूल पर ऐसे बैठाया जाय कि वह स्वतंत्रता से क्षितिज-तल में घूम सके तो देखा जाएगा कि चुम्बक घूम-फिरकर ऐसी



स्थिति में आकर रुक जाएगा कि उसका एक सिरा उत्तर और दूसरा सिरा दक्षिण की ओर होगा। चुम्बक को कितना ही क्यों न हिलाया जाय, धूम-



[ चित्र १२२—विभिन्न प्रकार के कृत्रिम चुम्बक : क—छड़-चुम्बक, ख—नाल-चुम्बक, ग—चुम्बकीय सूई, घ—गोलात चुम्बक ]

फिर करके उसके दोनों सिरे इसी स्थिति में अवश्य ही आ जाएंगे। जो सिरा उत्तर की ओर है, वह हमेशा उत्तर की ओर और जो दक्षिण की ओर है, वह दक्षिण की ओर ही रहेगा। चुम्बक के दोनों सिरे को चुम्बक का ध्रुव (poles of the magnet) कहते हैं। जो सिरा हमेशा उत्तर की ओर रहता है, उसे उत्तर ध्रुव (north pole) और जो दक्षिण की ओर रहता है उसे दक्षिण ध्रुव (south pole) कहते हैं। चुम्बक के दोनों ध्रुवों को मिलानेवाली कल्पित रेखा को चुम्बक का चुम्बकीय अक्ष कहते हैं।

### ध्रुव की आकर्षण-शक्ति

हम पहले ही देख चुके हैं कि चुम्बक-पत्थर को लौह-चूर्ण में डालकर उठा लेने से केवल उसके दोनों छोर पर लौह-चूर्ण चिपकता है, लेकिन बीच में लौह-चूर्ण एकदम नहीं चिपकता। सभी प्रकार के चुम्बक के साथ ऐसा ही होता है। इससे यह मालूम हो जाता है कि चुम्बक के दोनों ध्रुव लोहे को आकर्षित करते हैं किंतु चुम्बक के बीच का अंश नहीं। दूसरे शब्दों में, उस स्थान पर चुम्बकत्व नहीं है, इसलिए चुम्बक के मध्य भाग को उदासीन क्षेत्र (neutral zone) कहते हैं।

इस प्रकार, चुम्बक के दो ध्रुव होते हैं और उसका मध्य भाग उदासीन क्षेत्र होता है। लेकिन, चुम्बक को दो टुकड़ों में तोड़ने के बाद, उन टुकड़ों को लौहचूर्ण में रखकर उठा लेने पर टुकड़ों के दोनों सिरों पर फिर लौह-चूर्ण चिपक जाते हैं और दोनों का मध्य भाग खाली रहता है। चुम्बक को कितने ही टुकड़ों में क्यों न बाँटा जाए, प्रत्येक टुकड़े के दोनों सिरों लोहे को आकर्षित करेंगे। इससे यह प्रमाणित हो जाता है कि चुम्बक में हमेशा दो ध्रुव होते हैं और प्रत्येक का मध्य भाग उदासीन क्षेत्र होता है।

### ध्रुवों का आकर्षण तथा विकर्षण

एक चुम्बक की सूई को चूल पर रखकर उसे स्थिर होने दिया जाय। स्थिर होने पर इसका उत्तर-ध्रुव उत्तर की ओर तथा दक्षिण-ध्रुव दक्षिण की ओर होगा। सूई के उत्तर-ध्रुव को उ अक्षर द्वारा तथा दक्षिण-ध्रुव को द अक्षर द्वारा चिह्नित कर दीजिए। एक छड़-चुम्बक लीजिए, जिसके उत्तर तथा दक्षिण ध्रुव उ तथा द अक्षरों से चिह्नित हों। अब छड़-चुम्बक के उ चिह्नित सिरों को धीरे-धीरे सूई के उ चिह्नित सिरों के पास ले जाने पर पाएँगे कि सूई का उ चिह्नित सिरा छड़ के उ सिरों से दूर हटता जा रहा है। इसी प्रकार छड़ के द चिह्नित सिरों को सूई के द चिह्नित सिरों के पास ले जाने पर सूई का द चिह्नित सिरा दूर हटता जाएगा। इससे प्रमाणित हो जाता है कि चुम्बक के सदृश ध्रुव एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं।

इसी प्रकार अगर सूई के उ चिह्नित सिरों के पास छड़ के द चिह्नित सिरा तथा सूई के द चिह्नित सिरों के पास छड़ के उ चिह्नित सिरों को ले जाया जाय तो देखेंगे कि वे एक-दूसरे को अपनी ओर खींचते हैं। इससे मालूम हो जाता है कि चुम्बक के असदृश ध्रुव एक-दूसरे को आकर्षित करते हैं।

चुम्बक के दोनों ध्रुवों के सामर्थ्य समान होते हैं—एक सरल प्रयोग द्वारा सिद्ध किया जा सकता है कि चुम्बक के दोनों ध्रुवों के सामर्थ्य समान होते हैं।

लोहे के एक पतले पत्तर का छड़-चुम्बक लेकर उसके दोनों ध्रुवों को चारी-चारी से लोहे के एक पिन अथवा एक चुम्बक सूई के ध्रुवों के पास ले जाकर उसके चुम्बकत्व की जाँच कर लें। अब चुम्बक को मोड़कर उसके दोनों ध्रुवों को सटा दें। इस प्रकार सटे हुए ध्रुवों को लोहे के पिन के पास लाएँ तो पिन पर उनका कोई असर नहीं पड़ता है। मानो उनका चुम्बकत्व ही लोप हो गया है। कंपास सूई के किसी भी ध्रुव के पास ले जाने ने पत्तर सूई की ओर खिंच आती है। मानो पत्तर स्वयं चुम्बक नहीं है।

कारण यह है कि पत्तर के उत्तर ध्रुव का प्रभाव उसके दक्षिण ध्रुव के प्रभाव से रद्द हो जाता है। इसलिए, चूँकि एक ध्रुव दूसरे ध्रुव के प्रभाव को संपूर्ण रूप से नष्ट कर देता है, अतः एक का सामर्थ्य अवश्य ही दूसरे के सामर्थ्य के बराबर है।

### चुम्बकीय पदार्थ

लोहा, निकल और कोबाल्ट—ये तीन ऐसी धातुएँ हैं, जो न केवल चुम्बक द्वारा आकर्षित होती हैं, बल्कि ये स्वयं कृत्रिम उपायों से स्थायी या अस्थायी चुम्बक में परिणत हो सकती हैं। इन्हें चुम्बकीय पदार्थ (magnetic substance) कहते हैं। इन तीन धातुओं के सिवा कुछ ऐसी मिश्र धातुएँ भी हैं, जो चुम्बक द्वारा आकर्षित होती हैं तथा कृत्रिम चुम्बक में परिणत हो सकती हैं। हेसलर्स मिश्र धातु (Heuslers alloy) इनमें से एक है। इस चुम्बकीय पदार्थ में लोहा नहीं होता। यह मैंगनेशियम और ताँबा मिलाकर बनाया जाता है।

### चुम्बक और चुम्बकीय पदार्थ में अंतर

चुम्बकीय पदार्थों को कृत्रिम उपायों से चुम्बक में परिणत किया जा सकता है। लेकिन, जब तक उन्हें चुम्बक नहीं बनाया जाता है, तब तक चुम्बकीय पदार्थ और चुम्बक में अंतर होता है।

(१) चुम्बक में आकर्षण-शक्ति होती है और वह लोहा आदि को आकर्षित करता है। चुम्बकीय पदार्थ में इस प्रकार की आकर्षण शक्ति नहीं होती है।

(२) चुम्बक के दो असदृश ध्रुव होते हैं और दो चुम्बक के सदृश ध्रुव एक दूसरे को विकर्षित तथा असदृश ध्रुव एक दूसरे को आकर्षित करते हैं।

चुम्बकीय पदार्थों में इस प्रकार के ध्रुव नहीं होते हैं और न उनमें आकर्षण-विकर्षण-शक्ति ही होती है।

चुम्बक और चुम्बकीय पदार्थों में इन अंतरों के रहने के कारण किसी यंत्र की सहायता के बिना ही एक बहुत सरल उपाय से इन्हें पहचाना जा सकता है। अगर एक जैसी दो लोहे की छड़ों में केवल एक चुम्बक हो तो उसको पहचानने के लिए दोनों को एक-एक धागे में बाँधकर लटका दें। जो छड़ चुम्बक है वह हमेशा उत्तर-दक्षिण में आकर स्थिर हो रहेगा। लेकिन जो छड़ चुम्बक नहीं है वह किसी भी दिशा में आकर स्थिर रहेगा। इस प्रकार से चुम्बक को पहचाना जा सकता है।

### कृत्रिम चुम्बक बनाना

दो प्रक्रियाओं से कृत्रिम चुम्बक बनाया जा सकता है—

(१) चुम्बक को चुम्बकीय पदार्थ पर घर्षण द्वारा—अर्थात् घर्षण-प्रक्रिया से।

(२) विद्युत् की सहायता से—अर्थात् वैद्युतिक-प्रक्रिया से।

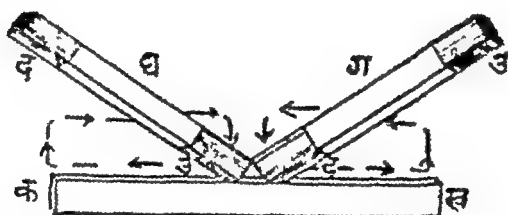
घर्षण-प्रक्रिया से बननेवाले चुम्बक अधिक बड़े या शक्तिशाली नहीं होते हैं। शक्तिशाली चुम्बक बनाने के लिए वैद्युतिक-प्रक्रिया काम में लायी जाती है।

घर्षण-प्रक्रिया से चुम्बक बनाने की तीन विधियाँ हैं—

(१) एक-स्पर्शी विधि (single touch method)—इस्पात की जिस छड़ को चुम्बक बनाना है, उसे मेज पर रखकर नरम मोम से अटका दिया जाता है। सुविधा हो तो एक हाथ से उसे पकड़ा भी जा सकता है। एक शक्तिशाली छड़ चुम्बक लेकर उसके उत्तर ध्रुव को लोहे की छड़ के एक सिरे पर रखकर धीरे-धीरे रगड़ते हुए दूसरे सिरे तक ले जाया जाता है। फिर चुम्बक को सीधा, कुछ ऊँचा उठाकर पहले सिरे पर ले आया जाता है और पहले की भाँति रगड़ते हुए दूसरे सिरे तक ले जाया जाता है। इस क्रिया को कई बार करने पर इस्पात की छड़-चुम्बक बन जाती है।

इसका पहला सिरा उत्तर ध्रुव तथा दूसरा सिरा दक्षिण ध्रुव बनता है। कृत्रिम चुम्बक बनाने की इस विधि को एक-स्पर्शी विधि कहते हैं। अगर उत्तर ध्रुव की जगह पर दक्षिण ध्रुव से रगड़ा जाता तो पहला सिरा दक्षिण और दूसरा उत्तर ध्रुव बनता।

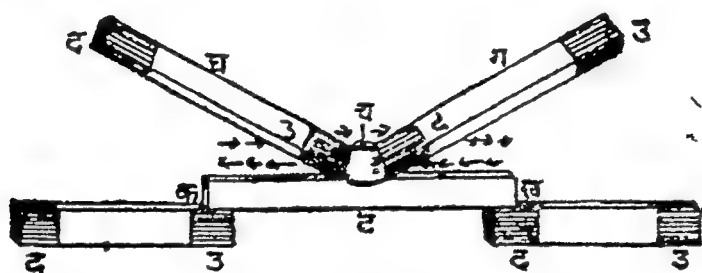
(२) पृथक-स्पर्शी विधि (method of separate or divided touch)—इस्पात की एक छड़ को मेज पर रखकर मोम से अटका दिया जाता है। दो सम सामर्थ्य वाले छड़-चुम्बक को दो हाथों में लेकर, एक का उत्तर तथा दूसरे के दक्षिण ध्रुव को लोहे की छड़ के मध्य भाग पर बिल्कुल पास-पास रखा जाता है। अब दोनों चुम्बकों को रगड़ते हुए छड़ के दोनों सिरे तक ले जाया जाता है, अर्थात् दाहिने हाथ के चुम्बक को रगड़ते हुए दाहिने सिरे तक और बाएँ हाथ के चुम्बक को बाएँ सिरे तक ले जाया जाता है। फिर दोनों चुम्बकों को ऊपर उठाकर पहले की तरह रखा जाता है और रगड़ा जाता है। उग क्रिया को कई बार करने के बाद छड़ की उनटी पीठ पर भी ऐसा किया जाता है। इस विधि द्वारा एक-स्पर्शी विधि से अधिक शक्तिशाली चुम्बक बनता है। रगड़ते समय चुम्बक



[ चित्र १२३—चुम्बक बनाने की पृथक-स्पर्शी विधि ]

का जो ध्रुव छड़ के जिस सिरे तक जाता है, उसपर उसके असदृश ध्रुव उत्पन्न हो जाता है। चित्र से क-ख इस्पात की छड़ को चुम्बक बनाया जा रहा है। ग और घ दो सम सामर्थ्य वाले छड़-चुम्बक हैं। ग का दक्षिण ध्रुव छड़ को रगड़ते हुए ख सिरे तक और घ का उत्तर ध्रुव क सिरे तक जाता है। चुम्बक बन जाने पर क-ख छड़ का क सिरा दक्षिण ध्रुव तथा ख सिरा उत्तर ध्रुव बन जाता है।

(३) द्वि-स्पर्शी विधि (method of double touch)—इस्पात की छड़ को मेज पर मोम से अटका कर उसके मध्य में दो सम सामर्थ्यवाले चुम्बक के दो असदृश ध्रुव रखे जाते हैं। दोनों चुम्बकों को सटाकर रखने के स्थान पर, उनके बीच में एक कॉर्क का टुकड़ा रखा जाता है। अब चुम्बकों के दोनों सिरो को कॉर्क-समेत एक साथ रगड़ते हुए छड़ के एक सिरे तक ले जाया जाता है। सिरे पर पहुँचने के बाद चुम्बको को न उठाकर रगड़ने की दिशा बदलकर उसी प्रकार दोनों चुम्बको को कॉर्क-समेत रगड़ते हुए छड़ के दूसरे सिरे तक ले जाते हैं। दूसरे सिरे पर पहुँचने



[ चित्र १२४—द्वि-स्पर्शी विधि से चुम्बक बनाना ]

के बाद फिर दिशा बदल दी जाती है और चुम्बको को पहले सिरे तक वापस लाया जाता है। रगड़ने की पूरी क्रिया चुम्बको को बिना ऊपर उठाए ही की जाती है। छड़ के दोनों पीठ पर यह क्रिया कई बार करने के बाद छड़-चुम्बक बनती है। रगड़ना समाप्त करते समय दोनों चुम्बकों को छड़ के मध्य में, जहाँ से क्रिया प्रारम्भ हुई थी, लाकर ही उठाना चाहिए। छड़ के सिरो पर, रगड़े जानेवाले चुम्बको के ध्रुवों के असदृश ध्रुव उत्पन्न होंगे।

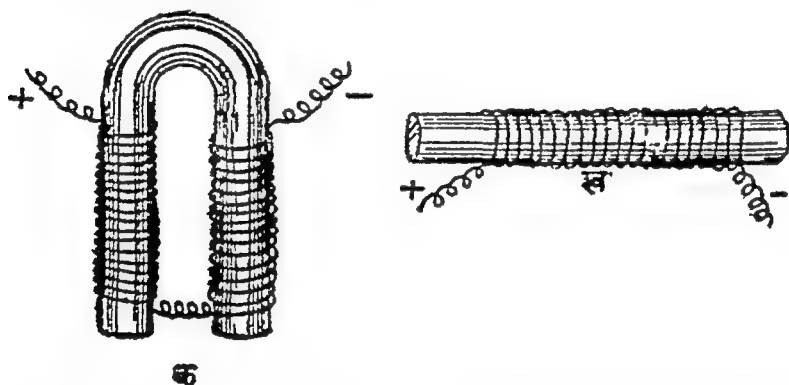
चित्र में क-ख छड़ को चुम्बक बनाया जा रहा है। ट इसका मध्य भाग है। ग और घ दो चुम्बक हैं। दोनों के बीच में च कॉर्क का टुकड़ा है। ग का द ध्रुव और घ का उ ध्रुव छड़ पर है। पहले ग और घ दोनों चुम्बकों को रगड़ते हुए क तक ले जाया जाता है। बिना उठाए ही फिर उन्हें रगड़ते हुए ख तक लाया जाता है और फिर वापस क तक। कई बार यह क्रिया करने के बाद ट बिंदु पर लाकर चुम्बको को ऊपर उठा लिया जाता है। छड़ के क सिरे पर दक्षिण ध्रुव और ख सिरे पर उत्तर ध्रुव उत्पन्न होते हैं।

अधिकतर शक्तिशाली चुम्बक बनाने के लिए छड़ के नीचे चित्र जैसा और दो चुम्बक रखे जाते हैं।

### विद्युत् द्वारा चुम्बक बनाना

शक्तिशाली चुम्बक बनाने के लिए विद्युत्-धारा द्वारा चुम्बकन किया जाता है। इस विधि से सभी प्रकार के चुम्बक बनाए जा सकते हैं और वे अधिक टिकाऊ भी होते हैं।

इस्पात की एक छड़ या नाल लेकर उसपर सूत, रेशम, प्लास्टिक आदि अचालक पदार्थ द्वारा आवृत ताँवे का तार लपेट दिया जाता है। नाल होने पर तार ऐसे लपेटा जाएगा कि एक बाहु पर लपेटने की दिशा वामवर्ती तथा दूसरे पर दक्षिणवर्ती होगी।



[ चित्र १२५—विद्युत् द्वारा चुम्बकन : क—नाल-चुम्बक, ख—छड़-चुम्बक ]

अब तार के एक सिरे को विजली की बैटरी के धन ध्रुव तथा अन्य सिरे को ऋण ध्रुव के साथ जोड़कर तार में विद्युत्-धारा प्रवाहित की जाती है। थोड़ी देर तक विद्युत्-धारा प्रवाहित होने के बाद उसे बंद कर दिया जाता है और तार खोलकर छड़ या नाल को निकाल लिया जाता है। इस क्रिया से छड़ या नाल चुम्बकित हो जाता है।

छड़ के जिस सिरे की ओर देखने से तार के लपेटने की दिशा वामवर्ती मालूम पड़ेगी, चुम्बकन के बाद वह सिरा उत्तर ध्रुव तथा दूसरा सिरा, जिसपर लपेटन दक्षिणवर्ती मालूम हो, दक्षिण ध्रुव होगा। नाल में भी लपेटने की दिशा देखकर इस हिसाब से ध्रुव निश्चित किया जा सकता है।

सुविधा के लिए काँच की नली के ऊपर ताँबे का तार लपेट दिया जाता है और उस नली के अंदर छड़ को रखकर, तार में विद्युत्-धारा प्रवाहित कर देने से भी छड़ चुम्बकत्व प्राप्त कर लेती है।

इस क्रिया में इस्पात के बदले कच्चा लोहा लेने पर बहुत शक्तिशाली चुम्बक बन जाता है। लेकिन, उसमें तब तक ही चुम्बकत्व बना रहता है, जब तक तार के अंदर से विद्युत्-धारा प्रवाहित होती रहती है। विद्युत्-धारा बंद हो जाने के साथ-साथ उसके चुम्बकत्व का लोप हो जाता है। इस क्रिया से बनाये गए चुम्बक को विद्युत् चुम्बक (electro-magnet) कहते हैं। एक के बजाए कई तहों में तार लपेटने से अधिक शक्तिशाली चुम्बक बनते हैं।

### प्रेरण द्वारा चुम्बकन (Magnetisation by induction)

चुम्बक द्वारा रगड़कर या विद्युत् द्वारा चुम्बक बनाने के अलावा शक्तिशाली चुम्बक के पास रखे रहने पर भी लोहे में चुम्बकत्व आ जाता है। शक्तिशाली चुम्बक के स्पर्श के बिना ही लोहा चुम्बकत्व प्राप्त कर लेता है; लेकिन चुम्बक को हटा देने पर उसका चुम्बकत्व नष्ट हो जाता है। चुम्बक के प्रभाव से उत्पन्न चुम्बकत्व को प्रेरण द्वारा चुम्बकन तथा इस क्रिया को चुम्बकीय प्रेरण (magnetic induction) कहते हैं।

एक कच्चे लोहे की छड़ के एक सिरे को लौह-चूर्ण में डालकर उठा लेने से उसमें लौह-चूर्ण नहीं चिपकते हैं। लेकिन उसको लौह-चूर्ण में डालकर उसके दूसरे सिरे के पास एक चुम्बक का कोई एक ध्रुव ले आने के बाद उसे ऊपर उठाने से उसमें लौह-चूर्ण चिपका हुआ मिलेगा और चुम्बक को हटा लेते ही तमाम लौह-चूर्ण झर जाएगा। इससे प्रमाणित होता है कि छड़ प्रेरण द्वारा अस्थायी चुम्बकत्व प्राप्त कर लेती है।

चुम्बक के एक ध्रुव के पास एक आलपीन ले आने पर वह चुम्बक से लटक जाएगी। उस आलपीन के नीचे एक अन्य आलपीन ले आने पर वह भी उससे सट जाएगी। इस प्रकार से आलपीन के नीचे आलपीन सटाकर चुम्बक के नीचे एक जंजीर-सी बनाई जा सकती है। प्रत्येक आलपीन प्रेरण द्वारा चुम्बकत्व प्राप्त करके दूसरे को आकर्षित करने लगती है और इस प्रकार से आलपीनों की जंजीर तैयार हो जाती है।



### प्रेरित ध्रुव (Induced pole)

प्रेरित चुम्बक का जो सिरा प्रेरक चुम्बक के जिस ध्रुव के पास होगा उसमें उसके असदृश ध्रुव उत्पन्न होगा। निम्नलिखित प्रयोग में यह देखा जा सकता है।

**प्रयोग**—चूल पर लगी हुई एक चुम्बकीय सूई लेकर मेज पर रखिए। उससे कुछ दूर गमान ऊँचाई पर, एक छड़-चुम्बक रखिए। दोनों में दूरी इतनी हो कि सूई पर चुम्बक का कोई प्रभाव न पड़ सके और सूई तथा छड़-चुम्बक के उत्तर ध्रुव आमने-सामने रहें। अब दोनों के बीच में एक कच्चे लोहे की छड़, उसी ऊँचाई पर रखिए। इसे रखते ही चुम्बकीय सूई अपनी स्थिति से विचलित हो जाएगी।

इससे यह मान्य हो जाता है कि छड़ में चुम्बकत्व उत्पन्न हो गया है और उसका जो सिरा सूई के पास है, वह उत्तर ध्रुव तथा छड़-चुम्बक के पास वाला सिरा दक्षिण ध्रुव बन गया है। चुम्बक के सदृश ध्रुव एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं। इस कारण से सूई अपनी स्थिति से घूम जाती है। चुम्बक को उलटकर पकाइए। देखा जाएगा कि सूई अपनी जगह पर स्थिर रहेगी। क्योंकि इस अवस्था में चुम्बक का दक्षिण ध्रुव सूई के उत्तर ध्रुव की ओर रहता है। अतः सूई के उत्तर ध्रुव के पास छड़ में प्रेरण से दक्षिण ध्रुव बनता है, जो सूई के उत्तर ध्रुव को आकर्षित करता है।

### चुम्बकत्व की परीक्षा

देखने में एक-सी लोहे की दो छड़ों में एक अगर चुम्बक हो, तो बिना किसी साधन से उसे कैसे पहचाना जा सकता है? दोनों में से एक को घागे में बाँधकर लटका दिया जाता है और दूसरे के एक सिरे को लटकी हुई छड़ के एक सिरे से लेकर दूसरे सिरे तक, सब जगहों पर स्पर्श किया जाता है। अगर सभी स्थानों में आकर्षण हो, तो लटकी हुई छड़-चुम्बक नहीं है और दूसरी छड़-चुम्बक है। क्योंकि यह आकर्षण जहाँ भी चुम्बक का ध्रुव पहुँचेगा, वही उत्पन्न हो जाएगा। अगर लटकी हुई छड़ चुम्बक होती तो, उसका मध्य भाग उदासीन होता और उसमें वहाँ कोई आकर्षण शक्ति नहीं होती और दूसरी छड़ को वहाँ लाने पर कोई आकर्षण नहीं होता।

## विकर्षण द्वारा ध्रुवों की परीक्षा

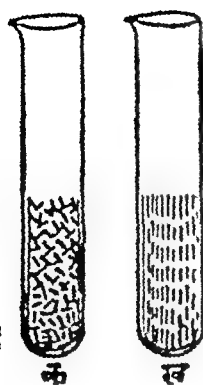
चुम्बक के ध्रुवों की जाँच विकर्षण द्वारा ही ठीक से की जा सकती है। जिस चुम्बक के ध्रुव की जाँच करनी हो, उसको धागा से बाँध कर लटका दिया जाता है। अब एक ध्रुव-चिह्नित चुम्बक लेकर उसका कोई एक ध्रुव लटके हुए चुम्बक के दोनों सिरो के पास बारी-बारी से लाया जाता है। जिस सिरे में विकर्षण होगा, उस सिरे पर वही ध्रुव होगा जो ध्रुव उसके पास ले जाया गया है। दो सदृश चुम्बकीय ध्रुवों में ही परस्पर विकर्षण होता है, इसलिए विकर्षण द्वारा ध्रुव की सही परीक्षा होती है।

## चुम्बकत्व का आणविक सिद्धान्त

हम पहले ही देख चुके हैं कि चुम्बक को कितने ही टुकड़ों में क्यों न बाँटा जाए, प्रत्येक टुकड़े में उत्तर और दक्षिण ध्रुव रहते हैं, अर्थात् चुम्बक का प्रत्येक टुकड़ा चाहे वह कितना भी छोटा क्यों न हो—एक पूर्ण चुम्बक होता है। इससे यह मालूम पड़ता है कि चुम्बकीय वस्तु का प्रत्येक अणु एक पूर्ण चुम्बक है। जब ये ठीक से सजे नहीं रहते, तब ये अणु एक दूसरे के चुम्बकत्व को रद्द कर देते हैं, जिसके कारण उस वस्तु का परिणामी चुम्बकत्व शून्य होता है। उन अणुओं को किसी चुम्बक की सहायता से नियमित रूप से सजा देने पर उस वस्तु में चुम्बकत्व उत्पन्न हो जाता है।

निम्नलिखित प्रयोग से इसे प्रमाणित किया जा सकता है :—

**प्रयोग—**एक परखनली में लौहाचूर्ण लेकर कॉर्क लगा दीजिए। नली को चुम्बकीय सूई के पास ले जाकर देखे कि सूई पर उसका कोई असर तो नहीं पड़ता है। अब एक चुम्बक लेकर उसके एक ध्रुव को नली पर रगड़कर लौह-चूर्ण को चुम्बकित कीजिए। इस बार परखनली को चुम्बकीय सूई के पास ले जाने पर वह विचलित होगी; अर्थात् अब लौह-चूर्ण चुम्बकित हो गए हैं और उनका प्रभाव सूई पर पड़ता है। फिर परखनली को खूब हिलाकर लौह-चूर्ण को उलट-पलट दीजिए और उसे चुम्बकीय सूई के पास ले जाइए। देखिएगा कि अब इसका कोई प्रभाव सूई पर नहीं पड़ता है, अर्थात् लौह-चूर्ण के अणुओं को अव्यवस्थित कर देने के कारण उसके चुम्बकत्व का लोप हो जाता है।



[ चित्र १२६—चुम्बकत्व का आणविक सिद्धांत-संबंधी प्रयोग : क—चुम्बक के पहले लौह-कणों की स्थिति, ख—चुम्बकन के बाद लौह-कणों की स्थिति ]

बननेवाला चुम्बक अधिक शक्तिशाली होता है। लेकिन चुम्बकीय बल को हटाते ही इसका चुम्बकत्व लुप्त हो जाता है। इसलिए क्षणिक और शक्तिशाली चुम्बक की आवश्यकता पूरी करने के लिए इसका व्यवहार किया जाता है।

इस्पात में चुम्बकत्व का गुण लाने में कुछ अधिक कठिनाई होती है, लेकिन इसका चुम्बकत्व स्थायी होता है। इसलिए स्थायी कृत्रिम चुम्बक इस्पात से बनता है।

### चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic field)

चुम्बक का प्रभाव केवल एक ही दिशा में नहीं पड़ता बल्कि उसका प्रभाव उसके चारों ओर पड़ता है। चारों ओर के जिस क्षेत्र में चुम्बक का प्रभाव पड़ता है, उसे उसका चुम्बकीय क्षेत्र कहते हैं।

### चुम्बकीय बल-रेखा (Lines of forces)

एक चुम्बक को एक काँच के पतले टुकड़े से ढककर अगर उसपर थोड़ा-सा लौह-चूर्ण छिड़क कर काँच को अंगुली से धीरे-धीरे ठोका जाए तो दिखाई

इसमें यह प्रमाणित हो जाता है कि चुम्बकन के समय चुम्बक के बल द्वारा किसी चुम्बकीय पदार्थ के अणुओं को ऐसे व्यवस्थित रूप से सजा दिया जाता है कि उसमें चुम्बकत्व उत्पन्न हो जाता है।

### इस्पात और कच्चे लोहे का चुम्बकन

इस्पात, कच्चा लोहा, निकल तथा कोबाल्ट चुम्बकीय पदार्थ हैं और इन्हें चुम्बकित किया जा सकता है। लेकिन, साधारणतः चुम्बक बनाने के लिए इस्पात और कच्चे लोहे का व्यवहार किया जाता है।

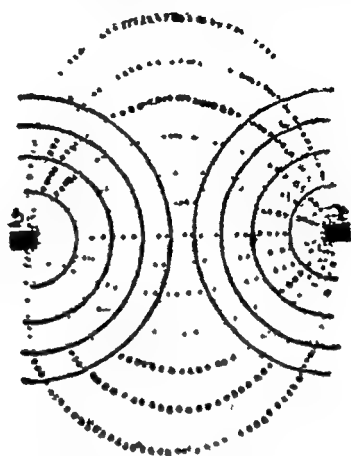
कच्चे लोहे को अपेक्षाकृत मुगमता से चुम्बकित किया जा सकता है और इससे

पड़ेगा कि लौह-चूर्ण कुछ निश्चित वक्र रेखाओं में सज गए हैं। चुम्बक के ध्रुवों के पास चूर्ण की रेखाएँ अधिक घनी होती हैं और वे उत्तर ध्रुव से निकल कर दक्षिण ध्रुव पर समाप्त होती हैं। इन रेखाओं को चुम्बकीय बल-रेखा कहते हैं।

चुम्बकीय परदा

(Magnetic screen)

घड़ी को चुम्बक के पास ले जाने से लोहे के पुर्जे चुम्बकित हो जाते हैं जिसके कारण घड़ी खराब हो जाती है। लेकिन घड़ी को एक कच्चे लोहे के खोल में रख लेने से ऐसा नहीं होता। कारण यह है कि चुम्बकीय बल-रेखाएँ वायु की अपेक्षा लोहे में से अधिक सुगमता से गुजर सकती हैं, इस कारण से लोहे के खोल में होकर बल-रेखाएँ गुजरकर निकल जाती हैं और उस खोल के अन्दर चुम्बकीय बल-रेखाएँ नहीं जाती हैं। अतः चुम्बक घड़ी पर कोई प्रभाव नहीं डाल पाता है। किसी विशेष स्थान को चुम्बकीय क्षेत्र के बाहर रखने के लिए जिस चुम्बकीय आवरण का प्रयोग किया जाता है, उसे चुम्बकीय परदा कहते हैं।



[ चित्र १२७—चुम्बकीय बल-रेखाएँ ]

विचुम्बकन (Demagnetisation)

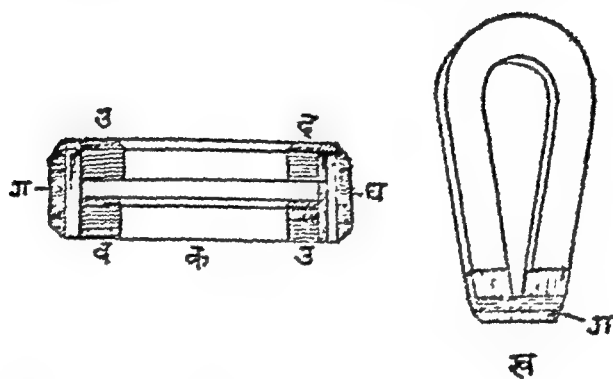
चुम्बक का चुम्बकत्व कई प्रकार से नष्ट हो जाता है। आग में खूब गरम करने से, हथौड़े से पीटने से, जोर से पटकने आदि से लोहे का चुम्बकत्व लुप्त हो जाता है। चुम्बक के अपने एक ध्रुव की दूसरे ध्रुव पर प्रेरण-क्रिया से उसका चुम्बकत्व घटने लगता है। दो चुम्बकों के सदृश ध्रुवों को एक साथ रख देने से भी कुछ दिनों में दोनों का चुम्बकत्व नष्ट हो जाता है।

चुम्बक की सुरक्षा

चुम्बक को सुरक्षित रखने के लिए उसको आग, तेजाब आदि से बचाना चाहिए। इस प्रकार सावधानी से रखना चाहिए कि जोर

से पटका न जाए और न किसी चीज से उसपर कोई आघात ही लगने पावे ।

मुक्त ध्रुवों की प्रेरण-दिशा द्वारा चुम्बक को विचुम्बकन में वचाने के लिए छड़चुम्बकों को प-य-पास इस प्रकार रखते हैं कि उनके असदृश ध्रुव एक ओर रहें । फिर कच्चे लोहे के टुकड़ों को लेकर इस चुम्बक के जोड़े के दोनों सिरों पर रख दिया जाता है । इस अवस्था में चुम्बक के



[ चित्र १२८—चुम्बक की सुरक्षा : क—छड़चुम्बक, ख—नाल-चुम्बक, ग और घ—रक्षक ]

सिरे पर मुक्त ध्रुव न रहने के कारण चुम्बक स्व-प्रेरण द्वारा विचुम्बकित नहीं होता । नाल-चुम्बक को इसी रीति से सुरक्षित रखा जा सकता है । इसके दोनों सिरे पास-पास होने के कारण दोनों पर एक ही कच्चे लोहे के टुकड़े को लगा देने से काम चल जाता है । सिरे पर लगने वाले लोहे के टुकड़े को रक्षक (keeper) कहा जाता है ।

## भू-चुम्बकत्व

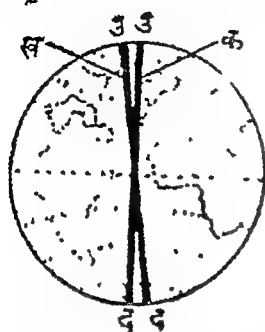
(Terrestrial magnetism)

हमने देखा है कि छड़-चुम्बक को लटका देने पर या चूल पर स्थापित चुम्बकीय सूई हमेशा उत्तर-दक्षिण दिशा में ही आकर स्थिर रहती है। इससे ऐसा लगता है कि कोई अदृश्य बल इनपर प्रभाव डालकर इन्हे इस अवस्था में लाता है। सन् १६०० ई० के पहले यह समझा जाता था कि शायद ऐसा ध्रुवतारा के आकर्षण के कारण होता है ; लेकिन सन् १६०० ई० में डॉ० गिलबर्ट ने यह सिद्ध कर दिखाया कि पृथ्वी स्वयं ही एक विशाल चुम्बक है और उसी के चुम्बकीय बल के प्रभाव से लटकाई हुई छड़ या चूल पर बैठाई हुई चुम्बकीय सूई हमेशा एक निश्चित दिशा में ही स्थिर रहती है।

लेकिन, प्रयोग करके देखा गया है कि लटका हुआ छड़-चुम्बक या चुम्बकीय सूई सब जगह ठीक भौगोलिक उत्तर-दक्षिण दिशा में ही स्थिर नहीं रहती बल्कि एक ओर थोड़ी-सी हटी हुई रहती है। कुछ स्थानों में यह भौगोलिक उत्तर से थोड़ा पश्चिम की ओर और कुछ स्थानों में भौगोलिक उत्तर से थोड़ा पूरव की ओर हटी रहती है। दक्षिण अमेरिका के मध्य भाग, वेस्ट-इण्डीज आदि के कुछ इलाकों में सूई ठीक-ठीक भौगोलिक उत्तर-दक्षिण दिशा में रहती है।

पृथ्वी के चुम्बकीय बल का प्रभाव साधारण चुम्बक जैसा ही है। अगर एक विशाल छड़-चुम्बक पृथ्वी के केन्द्र से होकर, पृथ्वी के घूर्णन अक्ष के साथ सूक्ष्म कोण बनाता हुआ उत्तर से दक्षिण ध्रुव तक फैला हुआ रहे तो उसके कारण पृथ्वी पर स्थित चुम्बको पर जो प्रभाव होना चाहिए, वैसा ही प्रभाव भू-चुम्बकत्व के कारण होता है। भू-चुम्बक के दोनों ध्रुवों में साधारण चुम्बक जैसी आकर्षण और विकर्षण-शक्ति होती है। पृथ्वी को उत्तर ध्रुव के पास उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव तथा दक्षिण ध्रुव के पास दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव होते

हैं। दोनों ध्रुवों को मिलानेवाली काल्पनिक रेखा को भू-चुम्बकीय अक्ष कहते हैं। उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव कनाडा के बथर्स्ट द्वीप (Bathurst) में है और दक्षिणी चुम्बकीय ध्रुव दक्षिणी विक्टोरिया द्वीप में है।



[ चित्र १२९—पृथ्वी का परि-  
भ्रमण अक्ष तथा चुम्बकीय  
अक्ष : क—पृथ्वी का अक्ष,  
ख—चुम्बकीय अक्ष ]

भू-चुम्बक ने भी चुम्बकन होता है। नरम लोहे की एक ३० सें० मी० लंबी और २ सें० मी० चौड़ी छड़ को उत्तर-दक्षिण दिशा में रखकर, थोड़ी देर धीरे-धीरे ठोकने पर वह चुम्बकित हो जाती है। चुम्बक सूई के पास लाकर इसकी परीक्षा की जा सकती है।

हम देख चुके हैं कि चुम्बक के सदृश ध्रुवों में परस्पर विकर्षण और असदृश ध्रुवों में आकर्षण होता है। इसलिए साधारण चुम्बक का वह सिरा, जो भू-चुम्बक के उत्तर ध्रुव से आकर्षित होकर उत्तर की ओर जा ठहरता है और जिसे हम उत्तर ध्रुव कहते हैं वह वास्तव में भू-चुम्बक के उत्तर ध्रुव के असदृश है और इसलिए दक्षिण ध्रुव है। उसके इस ध्रुव का उचित नाम उत्तरान्वेपी ध्रुव होना चाहिए ; किंतु संक्षेप में हम उसे उत्तर ध्रुव कहते हैं। उसी प्रकार किसी साधारण चुम्बक का दक्षिण ध्रुव वास्तव में दक्षिणान्वेपी ध्रुव है।

### चुम्बकीय नमन (Magnetic dip)

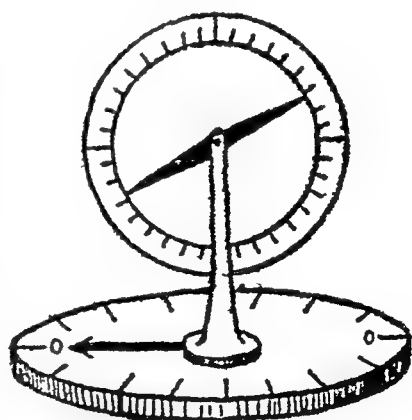
यदि एक चुम्बक सूई को उसके गुरुत्व-केन्द्र से रेशम के धागे द्वारा इस प्रकार लटका दिया जाए कि वह चारों ओर स्वतंत्रतापूर्वक घूम सके तो हम देखेंगे कि स्थिर हो जाने पर वह उत्तर-दक्षिण दिशा में तो आ जाती है पर क्षितिज तल में नहीं रहती है। इस अवस्था में सूई क्षितिज तल के साथ जो कोण बनाती है, उसे उस स्थान का चुम्बकीय नमन (magnetic dip) कहते हैं।

### चुम्बकीय भू-मध्यरेखा

भौगोलिक भू-मध्यरेखा के पास की उस कल्पित रेखा को चुम्बकीय भू-मध्यरेखा कहते हैं, जिस रेखा पर कहीं भी गुरुत्वकेंद्र से लटकती हुई चुम्बक सूई संपूर्ण रूप से क्षितिज तल में स्थिर रहती है, अर्थात् चुम्बकीय भू-मध्यरेखा पर चुम्बकीय नमन  $0^0$  होता है। चुम्बकीय भू-मध्यरेखा भौगोलिक भू-मध्यरेखा के पास ही है। दक्षिण भारत का टिनेवेली इलाका चुम्बकीय भू-मध्यरेखा पर है और इसलिए वहाँ चुम्बकीय नमन  $0^0$  है। अगर ऐसी एक चुम्बक-सूई लेकर चुम्बकीय भू-मध्यरेखा से उत्तरी चुम्बकीय ध्रुव की ओर बढ़ा जाए तो ज्यों-ज्यों हम उस ओर बढ़ते जाएँगे, त्यों-त्यों सूई के उत्तर ध्रुव का नमन बढ़ता जाएगा और ध्रुव पर पहुँच कर सूई उर्ध्व दिशा में हो जायगी यानी ध्रुव पर नमन  $90^0$  हो जायगा। भू-मध्यरेखा से दक्षिण ध्रुव की ओर जाने से सूई का दक्षिण ध्रुव नीचे की ओर झुकता जाएगा और दक्षिणी ध्रुव पर पहुँच कर सूई क्षितिज के साथ  $90^0$  का कोण बनायगी, अर्थात् चुम्बकीय नमन  $90^0$  हो जायगा।

### नमन-मापी (Dip-circle)

किसी स्थान का चुम्बकीय नमन मालूम करने के लिए जिस यंत्र का व्यवहार होता है, उसे नमन-मापी (dip-circle) कहते हैं। इस यंत्र में लगी हुई चुम्बकीय सूई क्षितिज तल के साथ जो कोण बनाती है, यंत्र के साथ लगे हुए अंशांकित स्केल पर उसे पढ़कर उस स्थान का नमन मालूम हो जाता है। यहाँ चित्र में एक साधारण नमन-मापी दिखाया गया है। [ चित्र १३०—साधारण नमन-मापी ]



### चुम्बकीय याम्योत्तर या ध्रुववृत्त (Magnetic meridian)

हम देख चुके हैं कि गुरुत्व-केंद्र से चुम्बक को रेशम की डोरी से स्वतन्त्रतापूर्वक लटका देने से वह सब जगह ठीक क्षितिज तल में नहीं रहता है। इस



चुम्बक के चुम्बकीय अक्ष से होकर जो ऊर्ध्व तल (vertical plane) गुजरता है, उसे उस स्थान का चुम्बकीय याम्योत्तर कहते हैं। अर्थात् स्वतंत्रता से लटके हुए चुम्बक का अक्ष जिस ऊर्ध्व तल में हो, वह उस स्थान का चुम्बकीय याम्योत्तर होता है। अथवा किसी स्थान पर खोचा हुआ वह ऊर्ध्व तल, जो पृथ्वी के चुम्बकीय उत्तर और दक्षिण ध्रुव से गुजरता है, उस स्थान का चुम्बकीय याम्योत्तर कहा जाता है। उसी प्रकार उस स्थान पर खोचा हुआ वह ऊर्ध्वतल, जो भौगोलिक उत्तर और दक्षिण ध्रुव से गुजरता है, उसे उस स्थान का भौगोलिक याम्योत्तर कहते हैं।

### दिक्पात (Declination)

भौगोलिक याम्योत्तर और चुम्बकीय याम्योत्तर सब स्थानों में एक नहीं होते हैं। भौगोलिक याम्योत्तर तथा चुम्बकीय याम्योत्तर के बीच के कोण को दिक्पात कहते हैं।

हमारे देश में पाडीचेरी और उसी अक्षांश-रेखा पर स्थित दूसरे स्थानों पर इस दिक्पात का मान  $0^{\circ}$  है। कलकत्ते में दिक्पात  $1^{\circ}$  पूर्व है; लेकिन, किसी स्थान पर दिक्पात सदा एक ही नहीं रहता; उसमें थोड़ा परिवर्तन होता रहता है।

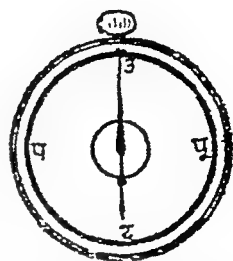
### चुम्बक का उपयोग

#### चुम्बकीय दिक्सूचक (Magnetic compass)

चुम्बक का एक महत्त्वपूर्ण उपयोग दिक्सूचक यंत्रों में होता है। दिक्सूचक यंत्र द्वारा दिशा का ज्ञान होता है। समुचित रूप से चूल पर बैठाई हुई चुम्बकीय सूई का चुम्बकीय अक्ष हमेशा उत्तर-दक्षिण दिशा में स्थिर रहता है। अर्थात् ऐसी चुम्बकीय सूई का एक सिरा उत्तर की ओर और दूसरा सिरा दक्षिण की ओर रहता है—इस सिद्धांत के आधार पर चुम्बकीय दिक्सूचक बनता है। चुम्बकीय दिक्सूचक दो प्रकार के होते हैं—दिक्सूचक सूई (compass needle) तथा नाविकों का या जहाजों दिक्सूचक (mariner's compass)।

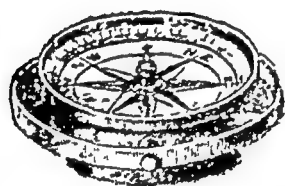
(१) दिक्सूचक सूई—यह छोटी-बड़ी बहुत तरह की बनती है। साधारण दिक्सूचक सूचक सूई, एक पीतल की गोल और चिपटी डिबिया में एक

छोटी-सी चुम्बकीय सूई को चूल पर बैठकर बनाई जाती है। डिविया पर काँच लगा दिया जाता है तथा सूई के उत्तरी ध्रुव को लाल रंग से रँग दिया जाता है या उसपर उ और दक्षिण ध्रुव पर द लिख दिया जाता है।



[ चित्र १३१—दिक्-सूचक सूई ]

(२) नाविको का दिक्सूचक—अथाह, सीमाहीन समुद्र में यह दिक्सूचक यंत्र जहाज का सहारा है। इसकी सहायता से दिशाओं का पता लगाकर नाविक जहाज चलाते हैं। इसकी आकृति भी छोटी दिक्सूचक सूई जैसी होती है। लेकिन यह उससे आकार में बहुत बड़ी होती है। एक गोलाकार कूट पर दिशाओं का नाम लिखा रहता है और उसकी परिधि को ३२ समान भागों में विभक्त करके प्रत्येक भाग पर चिह्न लगा दिया जाता है। एक शक्तिशाली चुम्बक के ऊपर इस कूट को इस प्रकार जड़ दिया जाता है कि चुम्बक के उत्तर ध्रुव पर कूट में लिखा हुआ उत्तर ध्रुव रहे। फिर कूट समेत चुम्बक को डिविया के अंदर लगे हुए चूल पर इस प्रकार बैठाया जाता है कि वह संतुलित अवस्था में रहे, स्वतंत्रता से घूम सके और जहाज की दिशा में परिवर्तन के साथ-साथ वह भी घूम-फिरकर उत्तर-दक्षिण दिशा में आ सके।



[ चित्र १३२—नाविको का दिक्सूचक यंत्र ]

जहाज के हिलने-डुलने पर भी दिक्सूचक यंत्र क्षैतिज अवस्था में बना रहे, इसलिए उसे धुरियों के सहारे एक अन्य वक्से में लटका दिया जाता है।

दिक्सूचक यंत्र का डब्बा प्रायः पीतल की चादर से बनाया जाता है, किसी चुम्बकीय पदार्थ से नहीं। क्योंकि निकट में चुम्बकीय पदार्थ के रहने से चुम्बक सूई सही उत्तर-दक्षिण दिशा से विचलित हो जाती है। जहाज लोहे का बनता है और उसमें लोहे के बहुत-से यंत्रादि रहते हैं। इसलिए जहाज में कंपास को इस प्रकार सावधानी से रखा जाता है कि उसपर इनका कोई प्रभाव न पड़े। आजकल मैग्नीज-इस्पात नाम का एक इस्पात निकाला गया है। इस्पात होते हुए भी यह चुम्बकीय पदार्थ

नहीं है। दिक्सूचक यंत्र का डब्बा बनाने तथा जहाज के उस अंश को बनाने में, आजकल इस पदार्थ का व्यवहार हो रहा है।

चुम्बक के अन्य उपयोग

डाइनेमो ( dynamo ) नामक विद्युत्-उत्पादन यंत्र में, टेलीग्राफ, टेलीफोन, विद्युत् घंटी आदि में चुम्बक की आवश्यकता होती है। शक्तिशाली विद्युत्-चुम्बक द्वारा कारखानों में लोहे की भारी-भारी चीजें उठाई जाती हैं। विद्युतीय फीता अभिलेखी (tape recorder) यंत्र में ध्वनि-अभिलेखन के समय चुम्बकीय फीते पर ध्वनि की चुम्बकीय आकृति बनती है जिससे उस ध्वनि का पुनरुत्पादन किया जा सकता है।

## विद्युत् ( Electricity )

आँधी-तूफान के समय आकाश में कड़क के साथ विजली चमक उठती है, तो लगता है कि तेज प्रकाश की एक सर्पिल रेखा बादलों को फाड़कर क्षण भर के लिए जगमगा उठी है। विद्युत् का ही यह एक सुंदर परंतु डरावना रूप है।

विद्युत् का दूसरा रूप उस समय हमारे सामने आता है जब बटन दबाते ही हमारा अँधेरा कमरा उज्ज्वल प्रकाश से प्रकाशित हो जाता है। शहरो में आज विद्युत् के प्रताप से रातें भी दिन बन जाती हैं। विद्युत् ने हमें प्रकाश तो मिलता ही है, साथ-साथ इससे हमारे और भी बहुत-से काम होते हैं। घरों में प्रकाश देने के साथ-साथ इससे हमें ताप मिलता है। विद्युत् के चुल्हे पर हम खाना बनाते हैं, जाड़ों में विद्युत् से कमरे गरम रखते हैं तो गरमी में इससे पखे चलाते हैं। इसीसे रेफ्रीजरेटर चलाते हैं, कपडों पर इस्तिरी करते हैं तथा और न जाने कितने ही काम साधते हैं। इन छोटे-मोटे कामों के अलावा, इसकी सहायता से छोटे-बड़े कारखाने तथा ट्राम, रेल आदि चलते हैं। विद्युत् की सहायता से डॉक्टर कितने ही रोगों का पता लगाते और इलाज करते हैं। इस प्रकार मनुष्य के जीवन के साथ विद्युत् का गहरा संबंध हो गया है। यह कहा जा सकता है कि अब किसी देश की उन्नति उस देश में विद्युत् के उत्पादन पर बहुत हद तक निर्भर करती है।

लेकिन यह विद्युत् है क्या ? संक्षेप में कहा जाए तो कह सकते हैं कि विद्युत् ऊर्जा का ही एक रूप है, जिसका व्यवहार आवश्यकतानुसार हम भिन्न-भिन्न रूपों में भिन्न-भिन्न कार्यों में करते हैं।

### स्थिर विद्युत् ( Static electricity )

अंग्रेजी भाषा में विद्युत् को इलेक्ट्रीसिटी (electricity) कहते हैं। हो सकता है कि वह शब्द इलेक्ट्रॉन (electron) शब्द से संबंधित हो, क्योंकि

ग्रीक भाषा में अंबर को इलेक्ट्रन कहते हैं। कहा जाता है कि पहले-पहले ग्रीस देश के दार्शनिक थेल्स (Thales) ने ईसा के ६०० वर्ष पूर्व ही अंबर को अपने ऊनी वस्त्र से रगड़कर देखा था कि इस रगड़ से अंबर में एक गुण उत्पन्न होता है जिससे वह छोटी और हलकी वस्तुओं को आकर्षित करता है। तबसे इस अज्ञात शक्ति को इलेक्ट्रीसिटी कहते हैं और बहुत दिन तक यह सिद्धांत बना रहा कि केवल अंबर में ही घर्षण से विद्युत् पैदा हो सकती है। १६०० ई० में डॉ० विलियम गिलवर्ट ने इस भूल का संशोधन किया और प्रयोगों द्वारा सिद्ध किया कि अंबर की नाई इवोनाइट, काँच, रंजन आदि बहुत-सी ऐसी वस्तुएँ हैं जिनको ऊनी या रेशमी कपड़े से रगड़ने पर उनमें छोटी-छोटी हलकी वस्तुओं को आकर्षित करने की शक्ति उत्पन्न हो जाती है। अब हमें पता चल गया है कि प्रायः सभी वस्तुओं में यह गुण होता है और किसी भी वस्तु को अन्य वस्तु से रगड़ने से विद्युत् उत्पन्न होगी। इस प्रकार दो वस्तुओं को रगड़ने से जो विद्युत् उत्पन्न होती है उसे घर्षण विद्युत् (frictional electricity) या स्थिर विद्युत् (static electricity) कहते हैं। जिस वस्तु पर विद्युत् पैदा होती है उस वस्तु को उस अवस्था में विद्युताविष्ट (charged) वस्तु कहते हैं।

स्थिर विद्युत् की उत्पत्ति निम्नलिखित प्रयोग से सिद्ध की जा सकती है—

प्रयोग—काँच की एक मोटी छड़ लीजिए और उसको आग पर अच्छी तरह से सुखाइए। छड़ को रेशम के टुकड़े से घिसिए। अब एक मेज पर कागज के छोटे-छोटे टुकड़े जमा कीजिए और फिर छड़ को कागज के टुकड़ों के पास ले जाइए। देखिएगा कि कागज के वे सब टुकड़े छड़ में उत्पन्न आवेश के द्वारा आकर्षित होकर छड़ के पास आ रहे हैं। यह आकर्षण चुम्बक शक्ति के कारण नहीं है। चुम्बक चुम्बकीय पदार्थों को ही आकर्षित करता है कागज को नहीं। काँच में वैद्युतिक शक्ति आ जाने के कारण ही ऐसा होता है। इस छड़ को अब विद्युताविष्ट (charged) छड़ कहा जाता है जो इन कागज के टुकड़ों को, जो अनाविष्ट (uncharged) हैं, अपनी ओर खींचती है।

किंतु कागज के टुकड़े छड़ का स्पर्श करने के बाद ही फिर अलग होकर गिर पड़ते हैं। यह इसलिए होता है कि जब कोई अनाविष्ट वस्तु किसी

विद्युताविष्ट वस्तु का स्पर्श करती है तब वह भी विद्युताविष्ट हो जाती है। दोनों में सदृश आवेश (similar charge) होने के कारण वे दोनों एक-दूसरे को विकर्षित करती हैं। इसलिए कागज के टुकड़े छड़ को छूने के बाद ही गिर जाते हैं।

धन तथा ऋण विद्युत्

फ्रांसीसी वैज्ञानिक दू फे (Du Fay) ने अपने प्रयोगों द्वारा सर्वप्रथम पता लगाया कि विद्युत् आवेश दो प्रकार के होते हैं। इन दो प्रकार के आवेशों की विशेषता यह है कि सदृश आवेश वाली वस्तुएँ एक-दूसरे को विकर्षित करती हैं और असदृश आवेशों वाली वस्तुएँ एक-दूसरे को आकर्षित करती हैं। उन्होंने एक का नाम वीट्रेयस (vitreous) और दूसरे का नाम रेजिनस (resinous) रखा था। बाद में एक का नाम धन विद्युत् (positive electricity) तथा दूसरे का नाम ऋण विद्युत् (negative electricity) पड़ा। विद्युत् के इन विशेष गुणों को निम्नलिखित प्रयोगों द्वारा जाना जा सकता है—

प्रयोग १—ताँवे या अन्य किसी धातु के बने हुए तार को मोड़कर रकाव (stirrup) जैसा बनाइए। इस रकाव को सूखे रेशम के धागे से बाँध कर किसी स्तम्भ से लटका दीजिए। फिर एक कचकड़े की छड़ को सूखे फलालैन से रगड़ कर रकाव के किसी भी सिरे के पास लाइए। देखिएगा कि रकाव छड़ से आकर्षित होती है। अब एक सूखे काँच के छड़ को उसी प्रकार सूखे रेशम से रगड़ कर रकाव के पास लाइए। देखिएगा कि रकाव काँच की छड़ से भी आकर्षित होती है। इस प्रयोग में रकाव अनाविष्ट वस्तु है और कचकड़ा तथा काँच की छड़ें विद्युताविष्ट वस्तुएँ हैं। अतः ऊपर के प्रयोग से यह सिद्ध होता है कि विद्युताविष्ट वस्तु अनाविष्ट वस्तु को आकर्षित करती है।

प्रयोग २—विद्युताविष्ट कचकड़े की छड़ को अब रकाव पर रख दीजिए। कोई अनाविष्ट वस्तु, जैसे लकड़ी के बने स्केल, को उस छड़ के किसी भी सिरे के पास लाइए। देखिएगा कि रकाव अनाविष्ट वस्तु की तरफ आकर्षित होती है। इससे यह सिद्ध होता है कि अनाविष्ट वस्तु भी आविष्ट वस्तु को आकर्षित करती है। अर्थात् आकर्षण पारस्परिक है।

**प्रयोग ३—**कचकड़े की दो छड़ों को पहले प्रयोग की भाँति फलालैन से रगड़ कर विद्युताविष्ट कीजिए। विद्युताविष्ट एक छड़ को रकाव में रख कर लटका दीजिए। फिर दूसरी छड़ को, जो पहली छड़ की तरह विद्युताविष्ट है, इस लटकी हुई छड़ के किसी भी सिरे के पास लाइए तो देखिएगा कि लटकी हुई छड़ विकर्षित होती है।

कचकड़े की छड़ के बदले में काँच की दो छड़ों को लेकर रेशम से रगड़ कर इस प्रयोग को कीजिए तो देखिएगा कि उन विद्युताविष्ट छड़ों में भी विकर्षण होगा। अगर फलालैन द्वारा रगड़ कर विद्युताविष्ट कचकड़े की छड़ को रकाव में रखकर लटका दिया जाए और रेशम द्वारा रगड़ कर विद्युताविष्ट काँच की छड़ को उसके पास लाया जाए तो अब विकर्षण के बदले आकर्षण दिखाई पड़ेगा।

ऊपर के इन प्रयोगों से यह सिद्ध होता है कि घर्षण से वस्तुओं में जो विद्युत् उत्पन्न होती है, वह दो प्रकार की होती है। सदृश आवेश वाली वस्तुएँ एक दूसरे को विकर्षित करती हैं और असदृश आवेश वाली वस्तुएँ एक दूसरे को आकर्षित करती हैं।

कचकड़े की छड़ को फलालैन से रगड़ने से जो विद्युत् उत्पन्न होती है, उसे ऋण विद्युत् (negative electricity) कहते हैं। दूसरी ओर, काँच की छड़ को रेशम से रगड़ने से जो विद्युत् उत्पन्न होती है उसे धन विद्युत् (positive electricity) कहते हैं। किंतु कचकड़े पर हमेशा ऋण विद्युत् तथा काँच पर हमेशा धन विद्युत् उत्पन्न नहीं होती है। अगर काँच की छड़ को फलालैन से रगड़ा जाए तो धन विद्युत् उत्पन्न होने के बदले में ऋण विद्युत् उत्पन्न होगी। इससे यह भी पता चलता है कि विद्युताविष्ट वस्तु के आवेश का रूप रगड़े जाने वाली वस्तु (जैसे रेशम या फलालैन) पर भी निर्भर करता है, न कि केवल कचकड़े या काँच पर।

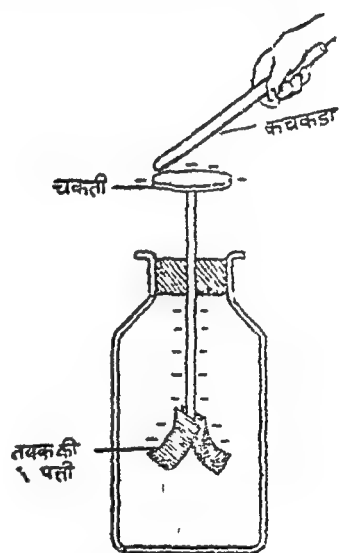
### विद्युद्दर्शी (Electroscope)

यह हम पहले ही देख चुके हैं कि विद्युताविष्ट वस्तुएँ जिस प्रकार आवेशरहित वस्तुओं को आकर्षित करती हैं उसी प्रकार आवेशरहित वस्तुएँ भी विद्युताविष्ट वस्तुओं को आकर्षित करती हैं। इस कारण कोई

वस्तु विद्युत्ताविष्ट है या नहीं, इसकी जाँच आकर्षण द्वारा नहीं, बल्कि विकर्षण द्वारा ही की जा सकती है। इस सिद्धांत के अनुसार विद्युत् आवेश की जाँच करने के लिए एक प्रकार के यंत्र का निर्माण किया गया है, जिसे विद्युद्दर्शी (electroscope) कहते हैं।

**प्रयोग—**चौड़े मुँह वाली काँच की एक बोतल लीजिए और उसके मुँह पर छेद वाली खर या कॉर्क की डाट लगा दीजिए। अब डाट के छेद में तंबि या पीतल की एक पतली छड़ को इस प्रकार बैठाइए कि छड़ का एक सिरा बोतल के भीतर रहे। छड़ के ऊपर वाले सिरे पर एक पीतल या अन्य धातु की बनी चकती लगा दीजिए। छड़ के निचले सिरे पर दो पतले तथा लगभग ३ से० मी० लंबे, और ३ मि० मी०

चौड़े सोने या एल्युमिनियम के तबक या पत्तियों को जोड़ दीजिए। फिर काग को बोतल में लगाकर मोम से अच्छी तरह बंद कर दीजिए कि हवा अंदर न जा सके। इस प्रकार एक साधारण विद्युद्दर्शी यंत्र बन गया। अब विद्युत् आवेश की जाँच के लिए कचकड़े की छड़ को फलालैन से रगड़कर चकती के पास लाइए या चकती का स्पर्श कीजिए तो देखिएगा कि छड़ में लगी हुई दोनों पत्तियाँ एक दूसरे से विकर्षित होकर फैल जाती हैं। इससे पता चलता है कि वस्तु विद्युत्ताविष्ट है। ऐसा इसलिए होता है कि चकती और छड़ में होकर विद्युत् आवेश पत्तियों में आ जाता है और दोनों पत्तियाँ सदैव आवेश से आविष्ट होकर एक दूसरे को विकर्षित करती और फैल जाती हैं।



[ चित्र १३३—साधारण विद्युद्दर्शी ]

### स्वर्ण-पत्र विद्युद्दर्शी

प्रयोगशाला में जिस विद्युद्दर्शी को काम में लाया जाता है उसे स्वर्ण-पत्र विद्युद्दर्शी (gold-leaf electroscope) कहते हैं। इसकी बनावट ऊपर



दिए गए साधारण विद्युद्दर्शी जैसी ही है। बोटल के बदले काँच के बेल-जार का व्यवहार होता है। बेल-जार के बीच में छड़ से सोने की दो पत्तियाँ लटकती रहती हैं। छड़ के ऊपर वाले सिरे पर धातु की बनी एक चकती लगी रहती है। बेल-जार भी काग से इस प्रकार बंद किया होता है कि हवा अंदर न जा सके। बेल-जार सोने की पत्तियों को बाहरी हवा के धोंकों से बचाता है। इस प्रकार विद्युद्दर्शी में धातु की चकती, छड़ तथा सोने की पत्तियाँ सम्मिलित रूप में एक चालक का काम करती हैं। जब कोई विद्युतादिष्ट वस्तु चकती के पास लाई जाती है या चकती में स्पर्श कराई जाती है, तब दोनों पत्तियाँ भी सदृश आवेश में आविष्ट हो जाती हैं और इस कारण विकर्षित होती हैं। बेल-जार के दोनों बगल में टिन के बने लंदे तबक लगे हुए होते हैं। अगर पत्तियाँ ज्यादा फैल जाती हैं तो वे टिन के तबकों का स्पर्श करती हैं और विद्युत्-आवेश टिन में चालित होकर पृथ्वी में नमा जाता है। इस प्रकार पत्तियाँ फिर से अनाविष्ट होकर आपस में निपक जाती हैं। अनाविष्ट वस्तु को चकती के पास लाने में या उससे स्पर्श कराने में पत्तियों में किसी प्रकार का विकर्षण नहीं होता और पत्तियाँ एक-दूसरे से चिपकी रह जाती हैं। इस प्रकार किसी भी वस्तु में विद्युत्-आवेश की जाँच स्वर्ण-पत्र विद्युद्दर्शी की सहायता से की जा सकती है।

### विद्युत्-चालक (Conductor)

कुछ वस्तुएँ ऐसी हैं जिनमें से होकर विद्युत् आवेश एक ओर से दूसरी ओर तक आसानी से चली जाती है। उन सब वस्तुओं को विद्युत् चालक (conductor) कहते हैं। चाँदी और ताँबा अच्छे चालक हैं। इस कारण एक स्थान से दूसरे स्थान में विद्युत्-धारा ले जाने के लिए ताँबे का तार काम में लाया जाता है। प्रायः सभी धातुएँ विद्युत् की अच्छी चालक हैं। लवण या अम्ल मिले हुए पानी के भीतर से विद्युत् जा सकती है। इस कारण ये भी विद्युत्-चालक हैं। पृथ्वी तथा मानव-शरीर भी अच्छे चालक हैं।

### विद्युत् के अचालक (Non conductor)

कुछ वस्तुएँ ऐसी हैं जिनमें से होकर विद्युत् प्रवाहित नहीं हो सकती और इनपर घर्षण द्वारा उत्पन्न विद्युत्-आवेश स्थिर रह जाता है। इन

वस्तुओं को विद्युत्-अचालक या विद्युत्-रोधी (Insulator) कहते हैं। सूखी लकड़ी एक अच्छा विद्युत्-रोधी है। इस कारण से विजली के काम करने वाले मिस्त्री लकड़ी की बनी सीढ़ी पर चढ़ कर विद्युत् का काम करते हैं, ताकि विद्युत् धारा उनके शरीर में से होकर न जा सके। वैसे उनके शरीर से विद्युत् धारा के प्रवाह से उनकी मृत्यु हो सकती है। इसके अतिरिक्त अभ्रक, काँच, रबर, लाह, कचकड़ा, गंधक, मोम, तेल, सूखा रेशम, सूखी वायु आदि भी अच्छे अचालक या विद्युत्-रोधी हैं। इनमें अभ्रक सबसे अच्छा अचालक है। कुछ वस्तुएँ ऐसी हैं जो पानी से भिगो देने से अचालक से चालक हो जाती हैं। उदाहरण के लिए भीगा रेशम, भीगा सूत, भीगी लकड़ी, नम वायु आदि विद्युत् के चालक हैं।

निम्नलिखित प्रयोगों से पता चल सकता है कि वस्तु चालक है या अचालक।

**प्रयोग १—**कचकड़े की एक छड़ लीजिए और उसको फलालैन से रगड़ कर विद्युत्-आविष्ट कीजिए। फिर इस छड़ से एक स्वर्ण-पत्र विद्युद्दर्शी की चकती का स्पर्श कराइए। विद्युत् का आवेश कचकड़े की छड़ से विद्युद्दर्शी की चकती तथा चकती से होकर स्वर्ण-पत्रों को प्राप्त होता है और पत्तियाँ विकर्षित होकर विलग हो जाती हैं। अब यदि इस आविष्ट विद्युद्दर्शी की चकती का काँच, लाह या गंधक, रबर आदि की छड़ से स्पर्श करे तो पाते हैं कि विद्युद्दर्शी का आवेश नष्ट नहीं होता है चूँकि पत्तियों का विकर्षण और विलगाव बना रहता है। किंतु यदि चकती का किसी धातु की बनी हुई छड़ से या हाथ से स्पर्श करे तो तुरंत विद्युद्दर्शी का आवेश लुप्त हो जाएगा और पत्तियाँ आपस में सट जाएँगी, अर्थात् धातु की छड़ या हमारे हाथ में से होकर विद्युत् का आवेश पृथ्वी में समा जाता है और पत्तियाँ अनाविष्ट हो जाती हैं।

इस प्रयोग से मालूम होता है कि विद्युत्-प्रवाह के लिए वस्तुएँ दो प्रकार की होती हैं। एक प्रकार की वस्तुएँ वे हैं जैसे काँच, लाह, गंधक, रबर आदि, जिनमें से होकर विद्युत् आवेश प्रवाहित नहीं हो सकता है, उनको अचालक या विद्युत्-रोधी (nonconductor or insulator) वस्तुएँ कहा जाता है। इसके विपरीत दूसरी प्रकार की वस्तुएँ वे हैं, जिनमें से होकर विद्युत्-प्रवाहित होती है, जैसे धातु या हमारे शरीर आदि। ये विद्युत् के चालक (conductor) हैं।

**प्रयोग २**—ताँबे की एक छड़ के एक सिरे को हाथ से पकड़ कर दूसरे सिरे को फलालैन से रगड़िए। फिर एक विद्युत् दर्शी की चकती का स्पर्श कीजिए। ऐसा मालूम होगा कि ताँबे की छड़ में घर्षण से विद्युत् उत्पन्न ही नहीं हुई है। लेकिन धातु की बनी छड़ को सूखी रेशम या फलालैन से रगड़ने से घर्षण-विद्युत् अवश्य ही उत्पन्न होती है। किंतु धातु के चालक होने के कारण, विद्युत् आवेश छड़ से होकर हाथ में तथा हमारे शरीर से प्रवाहित होकर पृथ्वी में समा जाती है। अगर ताँबे की छड़ को सीधे हाथ से न पकड़ कर उस सिरे में कचकड़े या रबर की एक मूठ लगा दी जाए और उसे पकड़ कर इस प्रयोग को फिर से करे तो हम देखेंगे कि ताँबे की छड़ भी विद्युताविष्ट हो गई है। इस अवस्था में छड़ को विद्युतदर्शी की चकती से स्पर्श करा देने से पत्तियों में विकर्षण होगा और वे विलग हो जाएँगी। क्योंकि इस बार छड़ पर उत्पन्न विद्युत्-आवेश अचालक मूठ के कारण, छड़ से मनुष्य के शरीर में और फिर वहाँ से प्रवाहित होकर पृथ्वी में नहीं समा सका।

इस प्रकार वस्तुओं को दो भागों में बाँटा गया है—(१) चालक तथा (२) अचालक। किंतु यह विभाजन तथा चालन के सामर्थ्य की भिन्नता संपूर्ण नहीं है। क्योंकि सही माने में कोई भी वस्तु पूर्णतया चालक और अचालक नहीं होती है। लकड़ी, कागज आदि सूखे रहने पर अचालक है, किंतु भीगने पर चालक हो जाते हैं। सूखी हवा अच्छी विद्युत्-रोधी या अचालक है, किंतु नम हवा चालक है। वस्तुओं की चालकता आपेक्षिक है। अभ्रक सबसे अच्छा अचालक है।

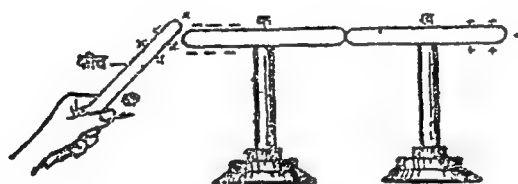
### विद्युत्-रोधी या अचालक वस्तुओं की उपयोगिता

विद्युत् संबंधी काम में इस्तेमाल होनेवाले तार आमतौर से कपड़े, सिल्क रबर या प्लैस्टिक आदि विद्युत्-रोधी वस्तुओं से ढँके होते हैं। इस प्रकार ढँके हुए तार से विद्युत्-आवेश वायुमंडल में फैल कर नष्ट नहीं होता है, तथा विजली का इस्तेमाल करनेवाले भी खतरों से बचते हैं। विद्युत्-संबंधी हर प्रकार के काम में अचालक वस्तु का व्यवहार जरूरी है। विजली का तार लोहे के खंभों पर नहीं रखा जाता है, पर चीनी मिट्टी आदि विद्युत्-रोधी वस्तु की बनी प्यालियों पर रहता है। इस कारण विद्युत् खंभों से प्रवाहित होकर पृथ्वी में समा नहीं पाती है। विजली की बत्ती, चूल्हा, पखा आदि

चलाने के लिए जो स्विच होता है उसके ढक्कन आदि विद्युत्-रोधी वस्तुओं के बने होते हैं, ताकि विद्युत् हाथ और हमारे शरीर में से प्रवाहित होकर पृथ्वी में समा न जा सके। इस प्रकार विद्युत् के उपयोग में अचालक या विद्युत्-रोधी वस्तुओं का बड़ा महत्त्व है। अचालक वस्तुओं की सहायता के बिना कोई भी वैद्युतिक सामान नहीं बन सकता और न विद्युत् का किसी प्रकार का उपयोग ही हो सकता है।

### वैद्युत्-प्रेरण (Electrical induction)

जिस प्रकार किसी चुम्बक के निकट किसी चुम्बकीय पदार्थ को रखने से उसमें प्रेरण की क्रिया से अस्थायी चुम्बकत्व उत्पन्न होता है उसी प्रकार आविष्ट वस्तु के निकट अनाविष्ट वस्तु को रखने से उसमें प्रेरण से अस्थायी रूप में विद्युत् का आवेश प्रकट होता है। अर्थात् आविष्ट वस्तु अनाविष्ट वस्तु का स्पर्श किए बिना ही अनाविष्ट वस्तु में विद्युत् का आवेश उत्पन्न करती है। पासवाले सिरे पर असदृश आवेश तथा दूर वाले सिरे पर सदृश आवेश उत्पन्न होता है।



[ चित्र १३४—वैद्युत्-प्रेरण ]

निम्नलिखित प्रयोग से प्रेरण की क्रिया को अच्छी तरह समझा जा सकता है :—

**प्रयोग—**चित्र में क तथा ख जैसे धातु के बने दो बेलनाकार अनाविष्ट चालक लीजिए। दोनों चालकों को अचालक वस्तु से बने हुए स्तंभ पर रखिए। दोनों को इस प्रकार सटा दीजिए कि दोनों एक चालक बन जाएँ। फिर धन-विद्युत् से आविष्ट काँच की एक छड़ क के पास ले जाइए और उसकी उपस्थिति में ही दोनों को अलग कर दीजिए तथा विद्युत्-दर्शी से

प्रत्येक के आवेश की जाँच कीजिए तो पता चलेगा कि पहले में ऋण-विद्युत् तथा दूसरे में धन-विद्युत् उत्पन्न हुई है।

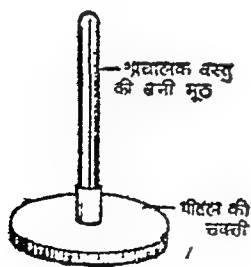
इस प्रयोग में किसी भी अनाविष्ट वेलन का आविष्ट वस्तु से स्पर्श नहीं कराया गया। स्पष्ट है कि उनको चालन (conduction) से विद्युत् का आवेश प्राप्त नहीं हुआ और न घर्षण से ही उनमें विद्युत्-आवेश उत्पन्न किया गया है। अतः ये अनाविष्ट चालक केवल प्रेरण द्वारा ही आविष्ट हुए हैं। इस प्रकार के आवेश को प्रेरित आवेश (induced charge) कहते हैं।

इस प्रयोग में यदि प्रेरक को दूर ले जाकर दोनों चालक वेलनों की परीक्षा विद्युत्-दर्शी द्वारा करे तो हम पाएंगे कि किसी पर आवेश नहीं है। प्रेरक को हटाते ही एक का धन आवेश दूसरे के ऋण आवेश को पूरी तरह रद्द कर देता है। स्पष्ट है कि संयुक्त चालक के एक सिरे पर प्रेरित आवेश का परिमाण दूसरे सिरे पर प्रेरित आवेश के परिमाण के बराबर होता है।

प्रेरण-क्रिया की प्रकृति की जाँच के लिए एक और प्रयोग किया जा सकता है। इस प्रयोग में प्रेरक के आवेश की जाँच करने के लिए परीक्षण-पट्टिका (proof plane) का व्यवहार होता है।

#### परीक्षण-पट्टिका

यह एक विशेष प्रकार का उपस्कर है जिसे विद्युत्-वाहक (carrier) भी कहा जाता है। इसमें एक चालक वस्तु की वनी गोल चकती होती है जो



किसी अचालक वस्तु की छड़ से जुड़ी रहती है। छड़ मूठ का काम करती है और प्रयोग के समय हमेशा इसे ही पकड़ना चाहिए। चकती का हाथ से या अपने शरीर से स्पर्श नहीं करें, नहीं तो चकती का आवेश नष्ट हो जाएगा। किसी वस्तु में आवेश है या नहीं, इसकी जाँच करने के लिए, उस वस्तु से परीक्षण-पट्टिका की गोल चकती का स्पर्श कराकर, चकती को एक विद्युत्-दर्शी के पास

[ चित्र १३५—विद्युत्-परीक्षण-पट्टिका ]

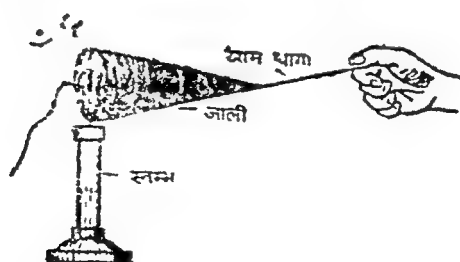
लाया जाता है। अगर विद्युत्-दर्शी की पत्तियों में विकर्षण हो तो समझना चाहिए कि वस्तु में आवेश है।

**प्रयोग—**धातु के वने एक वेलन को अचालक वस्तु के स्तंभ पर रखिए । काँच की एक छड़ को रेशम से रगड़कर धन विद्युत् से आविष्ट कीजिए । फिर उसे वेलन के एक सिरे के पास लाकर रखिए । प्रेरण से यह सिरा ऋण-विद्युत् से तथा दूसरा सिरा धन-विद्युत् से आविष्ट हो जाता है । किन्तु इस चालक वेलन के मध्य भाग में कोई विद्युत्-आवेश नहीं पाया जाता है । इसे जाँचने के लिए, एक परीक्षण-पट्टिका की चकती का वेलन के पहले सिरे से स्पर्श कराइए और उसे पहले से ही ऋण-विद्युत् से आविष्ट एक विद्युत्-दर्शी को चकती के पास लाइए । देखिएगा कि विद्युत्-दर्शी में स्वर्ण-पत्तियों का फैलाव बढ जाता है । इससे पता चल जाता है कि वेलन के उस सिरे पर प्रेरण से ऋण-विद्युत् उत्पन्न हुई है । इसी प्रकार से वेलन के दूसरे सिरे को जाँच करके देखिए । मालूम हो जाएगा कि उस पर धन-विद्युत् उत्पन्न हुई है । बीचवाला भाग अनावेशित पाया जाएगा । अब काँच की छड़ को वेलन के पास से हटा लीजिए । परीक्षण-पट्टिका द्वारा जाँच करने से अब पता चलेगा कि वेलन के दोनों सिरो पर के विद्युत्-आवेश लुप्त हो गए हैं और वेलन फिर से अनाविष्ट हो गया है ।

चालक का आवेश उसकी बाहरी सतह पर ही रहता है । विद्युत्-आवेश के इस गुण का परिचय अंग्रेज वैज्ञानिक माइकेल फैराडे ने कराया था । उन्होंने जिस प्रयोग के द्वारा इसे सिद्ध किया था, वह 'तितली-जाली का प्रयोग (butterfly-net experiment) के नाम से प्रसिद्ध है ।

### तितली-जाली का प्रयोग

तितली पकड़ने के लिए काम आनेवाली शंकु जैसी आकार की धातु-



[ चित्र १३६—तितली-जाली प्रयोग ]

निर्मित जाली को एक अचालक स्तंभ से जोड़ दिया जाता है । इसके सिरे से

रेजम के धागे इस प्रकार में लगे होते हैं कि धागे को खींचकर जाली की भीतरी सतह को बाहर किया जा सकता है और बाहरी सतह को भीतर किया जा सकता है। अब जाली को विद्युताविष्ट किया जाता है और परीक्षण-पट्टिका तथा विद्युत्-दर्शी की सहायता से जाँच करके देखा जाता है कि उनकी बाहरी सतह पर आवेश है ; लेकिन अंदर की सतह पर कोई आवेश नहीं है।

धागे को खींचकर अंदरवाली सतह को बाहर कर इस प्रयोग को दोहराने में पता लगेगा कि आवेश फिर भी केवल बाहर की सतह पर ही है, अंदर वाली सतह पर नहीं।

फैराडे ने अपने जीवन को खतरे में डालकर एक और प्रयोग से इसकी जाँच की थी। उन्होंने धातु के तार की जाली से एक बड़ा बक्सा बनाया। फिर एक स्वर्ण-पत्र विद्युत्-दर्शी साथ लेकर खुद बक्से के अंदर बैठ गए। बक्से को बंद करके उसे विद्युत् का प्रचुर आवेश दिया गया। जब बक्से की बाहरी सतह से विजली के बड़े-बड़े स्फुलिंग (spark) छूट रहे थे उस समय अंदर रहे हुए विद्युत्-दर्शी की पत्तियों को कुछ भी आवेश प्राप्त नहीं हुआ और न फैराडे का ही बाल बाँका हुआ। इस प्रकार फैराडे ने सिद्ध किया कि आवेश चालक की केवल बाहरी सतह पर ही रहता है।



## वायुमंडलीय विद्युत् तथा तड़ित्

( Atmospheric-electricity and lightning )

आकाश में जब बादल घिर आता है तब बादलों के बीच विजली का चमकना किसने न देखा होगा ? साथ ही उसकी कड़कड़ाहट की आवाज भी किसने नहीं सुनी होगी ? आदिकाल से ही मानव, तड़ित् की चमक तथा कड़क से परिचित है। किंतु कैसे और कहाँ से इस तड़ित् (lightning) की उत्पत्ति होती है, नहीं मालूम होने के कारण, मानव के मन में इसके प्रति भय और विस्मय पैदा होता था। सुदूर अतीत से यह खोज शुरू हुई थी कि तड़ित् क्या है ? इसकी उत्पत्ति का कारण क्या है ? इससे क्या लाभ तथा हानि होती है, तथा इससे कैसे बच सकते हैं ?

कहा जाता है कि स्टीफेन ग्रे (Stephen Gray) नामक वैज्ञानिक ने सर्वप्रथम यह सुझाव दिया था कि स्थिर-विद्युत् से तड़ित् का संबंध है। इसके बाद बेजामिन फ्रैंकलिन नामक प्रसिद्ध अमरीकी वैज्ञानिक ने १७४६ ई० में तड़ित् का वैद्युतिक सिद्धांत (electrical theory of lightning) पेश किया। अपने सिद्धांत की पुष्टि के लिए उन्होंने विद्युत् और तड़ित् में निम्नलिखित समानताओं का वर्णन किया — (१) प्रकाश उत्पन्न करने की शक्ति, (२) प्रकाश का वर्ण, (३) टेढ़ा-मेढ़ा रास्ता, (४) तीव्र गति, (५) धातु में चालित होना तथा (६) विसर्जन होने से ध्वनि का उत्पन्न होना आदि।

उन्होंने कहा कि इन गुणों के कारण तड़ित् से विद्युत् का संबंध मालूम होता है। सन १७५२ ई० की १० मई को बेजामिन फ्रैंकलिन ने अपने पतंग और कुंजी के प्रयोग से प्रमाणित किया कि वायुमंडलीय विद्युत् के उत्सर्जन से ही तड़ित् की उत्पत्ति होती है।

इस प्रयोग को सम्पन्न करने के लिए उन्होंने महीन रेशम के कपड़े का एक पतंग बनाया और उसमें पटसन की डोरी लगा दी। वायुमंडल से



विद्युत् ग्रहण करने के लिए पतंग में एक नुकीला तार जगा दिया और उसके दूसरे सिरे को डोरी से जोड़ दिया। डोरी को नीचे से पकड़ने के लिए उसे एक रेशम के टुकड़े से बाँध दिया गया। इस जोड़ के पास एक लोहे की चाभी लटका दी गई। १७५२ ई० की १० मई को, बरसात के समय, जब विजली चमक रही थी तथा बादल गरज रहे थे, उन्होंने इस पतंग को आकाश में उड़ाया। जब वर्षा के पानी से डोरी भीग कर चालक बन गयी, तब वायुमंडलीय विद्युत् पतंग में लगे हुए नुकीले तार द्वारा ग्रहीत होकर डोरी से प्रवाहित होकर चाभी तक पहुँच गयी। चाभी को इस अवस्था में अगुली से छूने से उनको उसी प्रकार का धक्का लगा तथा साथ ही उसी प्रकार की चिनगारी निकली जैसे घर्पण-विद्युत् से प्राप्त होती है। इस प्रकार से मालूम हो गया कि वायुमंडलीय विद्युत् के उत्सर्जन से ही तड़ित की उत्पत्ति होती है।

यह प्रयोग काफी खतरनाक है, क्योंकि इसमें इतने उच्च वोल्ट विद्युत् धारा आ सकती है कि उससे प्रयोग कर्त्ता की मृत्यु तक हो जा सकती है।

वायुमंडलीय विद्युत् की उपस्थिति प्रयोगों द्वारा सिद्ध की जा सकती है। किंतु विद्युत् की उत्पत्ति कहाँ से और कैसे होती है इसका अभी भी पूर्णरूप से पता नहीं चला है। पहले यह कहा जाता था कि वायु में वर्तमान जलकणों के पारस्परिक घर्पण से वायुमंडल में विद्युत्-आवेश उत्पन्न होता है। किंतु प्रयोग द्वारा यह भी देखा गया है कि बादलहीन वायुमंडल में, अर्थात् वायु में जलकण न होने पर भी वायु सर्वदा विद्युत्-आवेश होती रहती है। आधुनिक वैज्ञानिकों के मतानुसार वायुमंडलीय विद्युत् की उत्पत्ति का कारण यह है कि सूर्य और अंतरिक्ष से आनेवाली अदृश्य परावर्गनी किरणें (ultra violet rays) और कॉस्मिक किरणें (cosmic rays) वायुमंडल से होकर, पृथ्वी पर आते समय वायुमंडल के गैसों के कुछ अणुओं को आयनित (ionised) कर देती है। जिसके फलस्वरूप वायु के अणु आविष्ट हो जाते हैं। जब जलवाष्प-कण ऊपर उठ कर इस क्षेत्र में पहुँचते हैं तब वायु के आयनित कणों का आवेश इन वाष्प कणों को भी आविष्ट कर देता है। बादल इन आविष्ट वाष्प-कणों के मिलने से बनता है। अतः बादल का विद्युत् आवेश बढ़ जाता है। बादल में भी दो प्रकार

की विद्युत् पाई जाती है। कुछ बादलों में धन विद्युत् का आवेश तथा कुछ में ऋण विद्युत् का आवेश होता है।

इसके अतिरिक्त वायुमंडलीय विद्युत् की उत्पत्ति के अन्य कारण भी हैं। कुछ वैज्ञानिकों के मतानुसार पृथ्वी तल के रेडियम जैसे तत्त्व से विकिरित-किरणें भी वायुमंडल की निचली सतह के गैसों के अणुओं को आविष्ट कर देती हैं।

वायुमंडल में इन सब क्रियाओं के फलस्वरूप दो प्रकार की विद्युत् काफी मात्रा में पाई जाती है।

### तड़ित की उत्पत्ति

दो विपरीत आवेश वादलों के बीच जब विद्युत् विभवांतर (potential difference) ज्यादा हो जाता है तब विद्युत् का विसर्जन होता है। क्योंकि जब ऋण तथा धन विद्युत् से आवेशित वादलों के दो टुकड़े पास आ जाते हैं तब उनके विद्युत् आवेशों में विभवांतर जितना अधिक होगा, वे उतने ही अधिक बल से एक-दूसरे को आकर्षित करेंगे और ऋण आवेश वाले वादल से विद्युत् विसर्जित होकर धन आवेश वाले वादल पर जा गिरेगी विद्युत् विसर्जन की क्रिया से तड़ित की उत्पत्ति होती है जिसे बिजली का गिरना या चमकना कहते हैं।

बरसात के दिनों में वादल और पृथ्वी के बीच में विद्युत्-विसर्जन के कारण भी तड़ित की उत्पत्ति होती है। जब कोई आविष्ट वादल पृथ्वी-तल के समीप आ जाता है तब ठीक उसके नीचे वाली पृथ्वी तल की वस्तुओं पर, जो भीगने से चालक बन गई हैं, असदृश प्रेरित विद्युत् आवेश उत्पन्न हो जाता है। जब इस प्रेरित आवेश की मात्रा अधिक हो जाती है तथा इसका और आवेशित वादलों का विद्युत् विभवांतर बहुत अधिक हो जाता है, तब घोर विद्युत् विसर्जन होता है। इस क्रिया से, वादल से लेकर पृथ्वी-तल तक, क्षणिक तेज प्रकाश की एक लंबी तथा टेढ़ी-मेढ़ी रेखा (lightning) दिखाई देती है और साथ ही बड़े जोर की कड़कड़ाहट की आवाज (thunder) सुनाई पड़ती है। इसे वज्रपात कहते हैं। विद्युत् विसर्जन के समय विसर्जित विद्युत् ऐसे पथ से आकर पृथ्वी में समा जाती है, जिस पथ से उसे चलने में कम-से-कम प्रतिरोध हो। इसलिए आविष्ट वादल

के निकटतम जो चालक उसे मिलेगा, उसी में होकर वह प्रवाहित होना चाहेगी। ऊँचे पेड़, मकान, धातु निर्मित ऊँचे खम्भे आदि चालक भी हैं और बादल के निकट भी होते हैं। इसलिए साधारणतः इन्हीं पर वज्रपात होता है।

### तड़ित्-चालक (Lightning conductor)

तड़ित्-चालक का आविष्कार भी वैज्ञानिक बेंजामिन फ्रैंकलिन ने ही किया था। उन्होंने १७५४ ई० में अमेरिका के ऊँचे-ऊँचे मकानों में सर्वप्रथम तड़ित्-चालक का व्यवहार शुरू करवाया था। अब प्रायः सभी गहरों में तड़ित् के प्रकोप से बचने के लिए ऊँचे-ऊँचे महलों, मीनारों आदि पर तड़ित्-चालक लगाया जाता है।

यह हम जान चुके हैं कि जब कोई बादल पृथ्वी के करीब आ जाता है तब पृथ्वी पर और ऊँची तथा नुकीली वस्तु, जैसे ऊँचे महल, मीनार, पेड़ आदि पर असदृश प्रकार का विद्युत्-आवेश काफी मात्रा में प्रेरण में उत्पन्न हो जाता है और इन सब ऊँचे स्थानों पर बिजली के गिरने अर्थात् विद्युत्-विसर्जन की संभावना पैदा हो जाती है। जिन मकानों या पेड़ों पर बिजली गिरती है, वे ध्वस्त हो जाते या जल जाते हैं। आदमी या जानवर पर बिजली गिरने से वे मर जाते हैं।

अतः इन सब ऊँचे मकानों को तड़ित् के आघात से बचाने के लिए तड़ित्-चालक लगाया जाता है। तड़ित्-चालक, धातु की छड़ का बना होता है और लंबे त्रिशूल जैसा होता है। इस छड़ को मकान की बाहरी दीवार पर इस तरह लगा दिया जाता है कि दीवार में वह प्रथक्कृत रहती है। छड़ के ऊपरी भाग में तीन या चार नुकीले काँटे लगे रहते हैं। छड़ मकान की सबसे ऊँची जगह में भी ऊपर निकली रहती है। छड़ के निचले सिरे को मोटे चालक तार द्वारा धातु के एक प्लेट से लगाकर उसको जमीन में, काफी नीचे जहाँ मिट्टी में पानी है, गाड़ दिया जाता है। तड़ित्-चालक की छड़ में किसी प्रकार का मोड़ नहीं होना चाहिए।

जब तड़ित्-चालक लगे हुए मकान के पास से आवेशित बादल गुजरता है तब तड़ित्-चालक के सिरे पर प्रेरण द्वारा असदृश आवेग उत्पन्न होता है।

चादल से विसर्जित विद्युत् तड़ित्-चालक से होकर पृथ्वी में समा जाती है और मकान नुकसान से बच जाता है ।

### वज्रपात से सुरक्षा

वज्रपात से मकान ध्वस्त हो जाता या जल जाता है । मनुष्य, बड़े-बड़े जीव-जंतु, पेड़-पौधे, जिस पर भी वज्रपात हो, वे जलकर नष्ट हो जाते हैं । इसलिए हमेशा ऊँचे मकानों पर तड़ित्-चालक लगा देना चाहिए ।

पानी से भीगे पेड़-पौधे चालक बन जाते हैं । इसलिए, आँधी-तूफान के समय ऊँचे पेड़ों पर वज्र गिरने की अधिक संभावना रहती है । अतः विजली की चमक तथा आँधी-पानी आ जाने पर ऊँचे पेड़ के नीचे खड़ा नहीं होना चाहिए । साथ ही ऊँचे धातु-निर्मित खंभे आदि पर भी विजली गिरने की अधिक संभावना रहने के कारण ऐसे समय में उनसे भी दूर रहना चाहिए ।

आसपास वज्र गिरने से कमरे की धातु-निर्मित चीजें भी प्रेरण द्वारा आविष्ट हो जा सकती हैं । इसलिए विद्युत् के साथ आँधी-पानी के समय धातु-निर्मित बड़ी-बड़ी चीजों से दूर रहना चाहिए ।

ऐसे समय खुले स्थान में या नदी, तालाब आदि के पानी के अंदर नही रहना चाहिए । खुले स्थान में खड़े रहने के बजाए लेट जाने में ही अधिक सुरक्षा है ।

विजली के साथ आँधी-पानी के समय अगर मोटरगाड़ी जैसी धातु-निर्मित कोई बंद सवारी मिले तो उसमें गाड़ी की दीवारों से हटकर बैठे रहना चाहिए । ऐसी हालत में गाड़ी पर विजली गिरने से भी अंदर बैठे आदमी बच जाते हैं । क्योंकि गाड़ी की धातु-निर्मित दीवार से होकर विद्युत् पृथ्वी में चली जाती है और अंदर बैठे आदमी को नुकसान नहीं पहुँचा सकती है । फ़ैरेडे के प्रयोग से हमें मालूम हो चुका है कि चालक-आवेश केवल उसकी सतह पर रहता है । इसी सिद्धांत पर धातु के बने बक्सनुमा बंद गाड़ी के अंदर हम तड़ित् से सुरक्षित रह सकते हैं ।

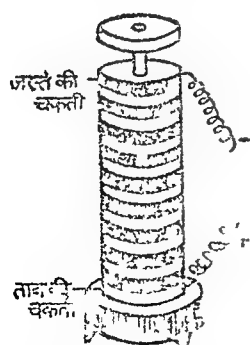


## विद्युत्-धारा ( Electric current )

### विद्युत्-धारा

हम जान चुके हैं कि घर्षण या प्रेरण से वस्तुओं को विद्युत् आविष्ट किया जा सकता है। अलग-अलग विभववाली आविष्ट वस्तुओं को सुचालक तार आदि से जोड़ देने पर अधिक विभववाली वस्तु से कम विभववाली वस्तु की ओर विद्युत् प्रवाहित होती है। यह प्रवाह तब तक जारी रहता है जब तक दोनों आविष्ट वस्तुओं अथवा एक आविष्ट तथा दूसरी अनाविष्ट वस्तु में विभवांतर (potential difference) बना रहता है। विद्युत्-आवेश के इस प्रवाह को विद्युत्-धारा (electric current) कहते हैं।

तार से जानेवाले विद्युत्-प्रवाह की तुलना नल से जानेवाले पानी के प्रवाह के साथ की जा सकती है। फर्क यह है कि तार नल जैसा खोखला नहीं होता और न हम विद्युत्-प्रवाह को आँखों से ही देख सकते हैं। पानी नल द्वारा ऊँचे स्तर से नीचे की ओर बहता है। विद्युत् भी आवेश के ऊँचे स्तर से नीचे स्तर की ओर बहती है। विद्युत्-आवेश के स्तर के अंतर को विभवांतर (potential difference) कहते हैं।



### वोल्टा का ढेर

१७६० ई० में प्रसिद्ध इटालियन वैज्ञानिक एल्लेस्जौटरो वोल्टा (Alessandro Volta) ने सर्वप्रथम रासायनिक क्रिया से विद्युत् उत्पन्न किया। रासायनिक क्रिया से किसी चालक पर लगातार आवेश उत्पन्न किया जा सकता है और इस प्रकार दो चालकों के बीच लगातार आवेश का प्रवाह (यानी विद्युत्-धारा) जारी रखा जा सकता है। इस प्रकार विद्युत्-धारा प्राप्त करने के लिए उन्होंने अपने प्रयोग के

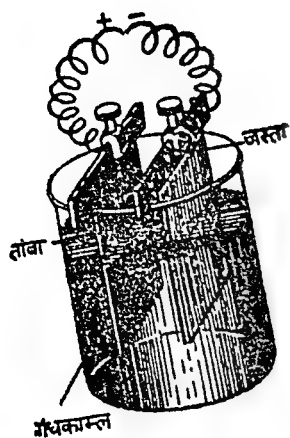
लिए एक उपकरण का आविष्कार किया, जो वोल्टा का ढेर (voltaic pile) के नाम से प्रसिद्ध है।

इसे बनाने के लिए उन्होंने ताँवे की बनी हुई कई चकतियाँ ली और उसी नाप के उतनी ही संख्या में जस्ते की बनी हुई चकतियाँ भी ली। फिर ताँवे की चकती के ऊपर जस्ता की एक चकती, उसके ऊपर फिर ताँवे की एक चकती—इस प्रकार उन चकतियों को एक के बाद एक क्रम में लगाकर एक स्तंभ (pile) बनाया। इस स्तंभ के ताँवे और जस्ते की चकतियों के प्रत्येक जोड़े के बीच में तनु गंधकाम्ल से भीगे हुए उसी नाप के कागज या कपड़े की बनी हुई चकतियों को रखा। अब इस स्तंभ के ऊपरवाली जस्ते की चकती को नीचेवाली ताँवे की चकती से तार द्वारा जोड़ देने से उसमें विद्युत्-धारा का प्रवाह होता है। विद्युत्-दर्शी से जाँच करने पर ताँवे की चकती पर धन आवेश और जस्ते की चकती पर ऋण आवेश पाया जाता है तथा सबसे ऊपर वाली चकती और सबसे नीचे वाली चकती का विभवांतर भी यथेष्ट पाया जाता है।

### साधारण वोल्टीय सेल

वैज्ञानिक वोल्टा ने विद्युत्-धारा उत्पन्न करने के लिए जो सरल विद्युत्-घट बनाया था, उस उपकरण को, उसके आविष्कारक के नाम पर साधारण वोल्टीय सेल (Simple Voltaic cell) कहते हैं। इस प्रकार का एक विद्युत्-घट निम्नलिखित विधि से प्रयोगशाला में आसानी से बनाया जा सकता है।

काँच के चाँड़े मुँह वाले पात्र का तीन चौथाई भाग तनुगंधकाम्ल से; जिसमें एक भाग गंधकाम्ल और चार भाग पानी हो, भरकर उसमें एक जस्ते का तथा एक ताँवे का प्लेट इस प्रकार डुबोकर रखे कि दोनों एक दूसरे से अलग रहे और प्रत्येक का एक सिरा घोल से ऊपर रहे। दोनों प्लेटों के ऊपर वाले सिरो को ताँवे के तार से जोड़ दें तो ताँवे के प्लेट से जस्ते के प्लेट में और फिर गंधकाम्ल के घोल में होकर जस्ते के प्लेट से ताँवे के प्लेट तक विद्युत्-धारा प्रवाहित होती रहेगी। इसमें ताँवे का प्लेट धन ध्रुव (+) और जस्ते का प्लेट ऋण ध्रुव (−) होते हैं। जस्ते और ताँवे पर



[ चित्र १३८—साधारण  
वोल्टीय सेल ]

गंधकाम्ल की क्रिया से दोनों प्लेटों पर असदृश आवेश उत्पन्न होता है और इनके बीच विभवांतर उत्पन्न होने के कारण सेल में विद्युत्-धारा प्रवाहित होती है।

लेकिन, इस प्रकार के सेल से अधिक देर तक विद्युत्-धारा नहीं मिलती है। क्योंकि, जस्ते में साधारणतः बाना प्रकार की अशुद्धियाँ मिली हुई होती हैं, जिनके कारण जस्ता और उसमें मिली हुई धातुओं के स्पर्श से छोटे-छोटे सेल बन जाते हैं जिनसे स्थानीय विद्युत्-धारा प्रवाहित होने लगती है। स्थानीय धारा से मुख्य धारा

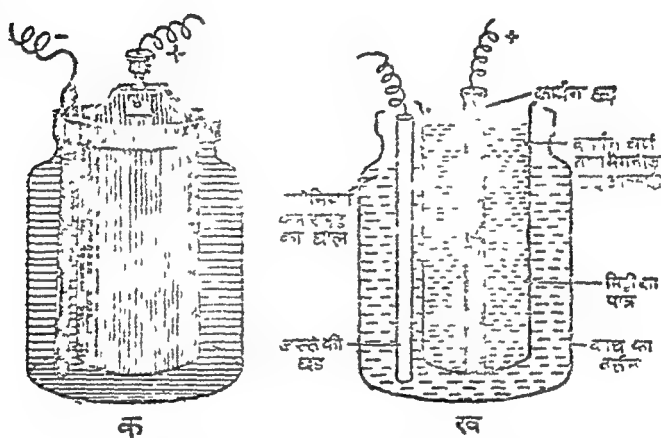
को कोई सहायता नहीं मिलती है, लेकिन जस्ता निरर्थक घुलता रहता है। साथ ही, इस प्रकार के सेल में जस्ते पर गंधकाम्ल की रासायनिक क्रिया से हाइड्रोजन गैस मुक्त होता है। इस गैस के अनेक बुलबुले जा कर ताँबे के प्लेट पर जमा हो जाते हैं। इससे ताँबे के प्लेट का अम्ल से स्पर्श नहीं हो पाता और उस पर अम्ल की क्रिया कम हो जाती है तथा विद्युत्-प्रवाह मंद पड़ जाता है। इस दोष को दूर करने के लिए ताँबे के प्लेट को थोड़ी-थोड़ी देर में निकाल कर या ब्रश से साफ कर बुलबुलों को हटाना पड़ता है। सेल के इस दोष को ध्रुवण (polarisation) कहते हैं।

इन कारणों से विद्युत्-धारा उत्पादन के लिए साधारण वोल्टीय सेल के बजाय लेक्लांश सेल, डेनियल सेल या सूखे सेल आदि का व्यवहार होता है।

**लेक्लांश सेल (Leclanche cell)**

इस प्रकार के सेल में मिट्टी के सरंघ पात्र में कार्बन की एक छड़ रख कर पात्र को कार्बन तथा मैंगनीज डाइ-आक्साइड के चूर्ण के मिश्रण से भर दिया जाता है। कार्बन की छड़ के ऊपर धातु-निर्मित टोपीनुमा पेंच लगा रहता है, जिससे तार जोड़ दिया जाता है। उस मिट्टी के पात्र को एक दूसरे

चीड़े मुँह वाले काँच की बोतल में रख दिया जाता है और बोतल में अमोनियम क्लोराइड का घोल भर दिया जाता है। बोतल के एक कोने में जस्ते की एक छड़ होती है। इसके सिरे पर भी तार जोड़ने के लिए पेंच लगा रहता है। छड़ों से लगे तारों को जोड़ देने से उसमें विद्युत्-धारा प्रवाहित होती है। सेल में रासायनिक क्रिया से, कार्बन-छड़ पर धन-विद्युत् तथा जस्ते की छड़ पर ऋण-विद्युत् का आवेश उत्पन्न होता है। लेकलाश सेल से अनवरत रूप में विद्युत्-धारा प्राप्त न होने पर भी अगर थोड़ी देर



[ चित्र १३९ क—लेकलाश सेल की बाहरी वनावट,  
ख—अंदर की वनावट ]

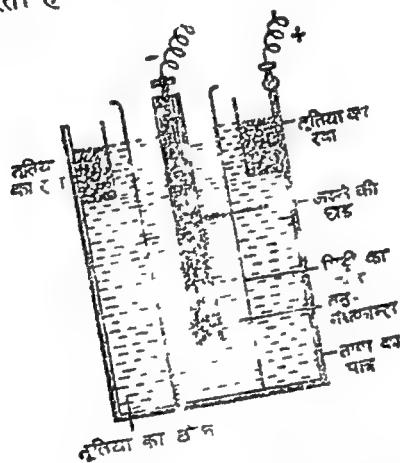
विश्राम देने के बाद उसे फिर काम में लाया जाए तो फिर से विद्युत्-धारा बहने लगती है। इस कारण ऐसे प्रयोगों में, जहाँ आंतरायिक विद्युत्-धारा की जरूरत होती है, लेकलाश सेल बहुत उपयोगी है। लेकलाश सेल में केवल एक ही प्रकार के घोल का प्रयोग होता है। इस कारण ऐसे सेलों को एक द्रवीय सेल भी कहते हैं। डेनियल सेल जैसे कुछ सेलों में दो प्रकार के घोलों का प्रयोग होता है। इन्हें द्वि-द्रवीय सेल कहते हैं।

### डेनियल सेल (Daniel's cell)

इस सेल में गंधकाम्ल और पानी का तनु घोल (diluted sulphuric acid) तथा नीले तूतिये का संतृप्त घोल (saturated solution of



copper sulphate), ये दो प्रकार के घोल इस्तेमाल होते हैं। चीनी मिट्टी के बने एक सरंघ पात्र में गंधकाम्ल का तनु घोल रखा जाता है। इस गंधकाम्ल में जस्ते की एक छड़ इस प्रकार रखी जाती है कि छड़ का ऊपरी सिरा घोल से बाहर रहे। यह सिरा ऋण ध्रुव का काम करता है और इसपर पेंच से एक तार जोड़ दिया जाता है। फिर चीनी मिट्टी के सरंघ पात्र को ताँवे के बने हुए एक बड़े पात्र में रखा जाता है। ताँवे के पात्र की दीवार घन ध्रुव का काम करती है। इस पात्र के ऊपरी सिरे के एक किनारे पर



[ चित्र १४०—डेनियल सेल ]

एक पेंच लगा रहता है, जिसमें तार जोड़ दिया जाता है। पात्र के ऊपरी सिरे पर दो जगह सख्खि खाने बने रहते हैं। इनमें नीले तूतिये के क्रिस्टल रखे होते हैं ताकि तूतिये का घोल इन क्रिस्टलों के संस्पर्श में आता रहे और हमेशा सतृप्त बना रहे। जब ताँवे को, जो घन ध्रुव है, जस्ते की छड़ से जो ऋण ध्रुव है, तार द्वारा जोड़ दिया जाता है, तब विद्युत् घन-ध्रुव से ऋण-ध्रुव की ओर प्रवाहित होती है।

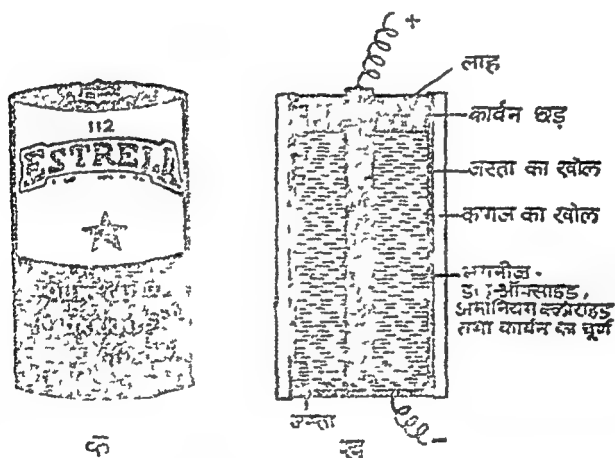
इस प्रकार के सेल का विद्युत् वाहक-बल प्रायः १.१ वोल्ट होता है और वह काफी समय तक रहता है।

**सूखा सेल (Dry cell)**

हमलोग टार्च के अंदर जिस सेल का व्यवहार करते हैं उसे सूखा सेल कहते हैं। इसकी बनावट लेकलॉश सेल की बनावट के आधार पर ही है,

किंतु इसमें किसी प्रकार के धोल का व्यवहार नहीं होता है। इसे लेकलांश सेल का सशोधित रूप कहा जा सकता है। इसमें धोल न रहने के कारण इसे एक स्थान से दूसरे स्थान में आसानी से ले जाया जा सकता है। आकार में छोटा होने के कारण ये अल्प जगह में ही समा जाते हैं। रेडियो आदि में भी सूखे सेल का व्यवहार होता है।

टॉर्च का एक पुराना सेल (जिसे बैटरी कहा जाता है, किंतु असलियत में वह सेल है) लीजिए। फिर उसके ऊपर का कागज हटाकर चाकू से काटकर भीतरी वनावट का निरीक्षण कीजिए। देखिएगा कि सबसे बाहर जस्ते का बना हुआ वेलनाकार एक खोल है, जो केवल एक तरफ से, अर्थात् नीचे की तरफ से खुला हुआ है। जस्ते का खोल ऋण ध्रुव का काम करता है। खोल के अंदर, बीच में, एक कार्बन की छड़ रखी रहती है जिसके ऊपरी सिरे पर एक पीतल की टोपी लगी रहती है। यह छड़ धन ध्रुव का काम करती है।



[ चित्र १४१—सूखा सेल : क—बाहरी वनावट, ख—अंदर की वनावट ]

कार्बन की छड़ के चारों ओर, जस्ते की खोल के अंदर, एक अल्प गीला मिश्रण भरा रहता है। यह मिश्रण मैंगनीज-डाइऑक्साइड १० भाग, लकड़ी के कोयले का चूर्ण १० भाग, अमोनियम क्लोराइड या नौसादर २ भाग, जिंक क्लोराइड १ भाग और अल्प ग्लिसरीन तथा प्लास्टर ऑफ पेरिस (Plaster of paris) मिला कर बनता है। फिर खोल का मुँह अलकतरे

से बंद कर दिया जाता है और ऊपर तथा नीचे के सिरों को छोड़कर खोल की बाहरी सतह पर मोटा कागज लपेट दिया जाता है ताकि सेल को टांचे के अंदर ढालने से जस्ते का खोल टांचे की दीवार से नहीं सटे। सूखे सेल में मिश्रण पूर्णतया सूखा नहीं होता है, प्लैक लेई (paste) जैसा होता है। विलकुल सूख जाने से यह सेल काम नहीं करता। इस अवस्था में अगर सेल के जस्ते की दीवार में बारीक छेद करके पानी में डुबा दिया जाए तो मिश्रण गीला हो जाता है और सेल काम करने लगता है।

जब कार्बन-छड़ की पीतल की टोपी, अर्थात् धन-ध्रुव को तार से जस्ते के खोल या ऋण-ध्रुव से संपर्कित किया जाता है तब कार्बन-छड़ से जस्ते के खोल में विद्युत् प्रवाहित होने लगती है। इस सेल का विद्युत्-वाहक-बल साधारणतः १.५ वोल्ट होता है। सेल का काम में लाने से, उसके अंदर के मिश्रण में लेकलाश सेल की तरह रासायनिक क्रिया होती है। अमोनियम क्लोराइड की जस्ते के साथ क्रिया के फल-स्वरूप अमोनियम गैस निकलता है। इस प्रकार काम में लाने के कुछ दिनों के बाद जब सब अमोनियम क्लोराइड खतम हो जाता है तो सेल बेकार हो जाता है।

### बैटरी (Battery)

प्रबल विद्युत्-धारा प्राप्त करने के लिए दो या अधिक सेलों को एक साथ जोड़ दिया जाता है। सेलों के इस समूह को बैटरी कहते हैं। साधारणतः सेलों को दो प्रकार से जोड़ा जाता है। जब एक का ऋण ध्रुव दूसरे के धन ध्रुव से जोड़ा जाता है, तब इन्हें श्रेणी में संपर्कित कहा जाता है। सेलों को इस विधि से जोड़ने से प्रथम सेल का धन-ध्रुव तथा आखिरी सेल का ऋण-ध्रुव-मुक्त रहता है जो बैटरी के ध्रुव बन जाते हैं। इस प्रकार जोड़े गए सेलों में विभवांतर भी श्रेणीक्रम से बढ़ता है। इस बैटरी का विद्युत्-वाहक-बल सभी सेलों के विद्युत्-वाहक-बलों का योग होता है।

अगर सेलों के सभी धन ध्रुवों को एक साथ जोड़ दिया जाए और सभी ऋण ध्रुवों को एक साथ जोड़ दिया जाए तो उन्हें पार्श्व-संपर्कित बैटरी कहा जाता है और इस संबंध को पार्श्व-सम्बन्ध कहते हैं।

इस प्रकार से संपर्कित सेलों की बैटरी का विद्युत्-वाहक-बल वही होता है जो एक सेल का है।

रेल द्वारा विद्युत्-धारा उत्पन्न की जा सकती है। इसमें रासायनिक क्रिया से विद्युत्-धारा उत्पन्न होती है। लेकिन इस प्रकार से उत्पन्न विद्युत्-धारा से न तो अधिक काम लिया जा सकता है और न लगातार अधिक समय तक ही इससे काम चल सकता है।

घरों में, कारखानों में, रेल, ट्राम आदि चलाने आदि के लिए काफी मात्रा में लगातार विद्युत्-धारा की आवश्यकता होती है। इन कामों के लिए विद्युत्-उत्पादन के कारखानों में, यांत्रिक ऊर्जा को, यंत्रों की सहायता से, वैद्युतिक ऊर्जा में परिवर्तित करके, तार के माध्यम से विभिन्न स्थानों में भेजा जाता है। इस यंत्र को विद्युत्-जनित्र (electricity generator) या डायनेमो (dynamo) कहते हैं।

### विद्युत्-चुम्बकीय प्रेरण (Electro magnetic induction)

सन् १८३१ में विख्यात अंगरेज वैज्ञानिक फेरेडे ने एक बहुत ही महत्वपूर्ण आविष्कार किया—अगर एक तार की बंद कुण्डली को चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र में घुमाया जाय या कुण्डली के पास चुम्बक को घुमाया जाय तो कुण्डली में विद्युत्-धारा उत्पन्न होती है। लेकिन दोनों ही अगर स्थिर रहे तो धारा उत्पन्न नहीं होती। अर्थात् धारा के उत्पादन के लिए चुम्बकीय क्षेत्र और कुण्डली के बीच आपेक्षिक गति का होना आवश्यक है।

**प्रयोग—**विद्युत्-रोधी आवृत तार के तार को लपेटकर कुण्डली बनाइए। तार के सिरों को गैलवेनोमीटर या विद्युत्-धारा-मापी यंत्र के साथ जोड़ दीजिए। एक छड़-चुम्बक लेकर उसके एक ध्रुव को तेजी से कुण्डली के अंदर ले जाइए। देखिएगा कि गैलवेनोमीटर की सूई एक ओर विचलित हो गई है। चुम्बक के दूसरे ध्रुव को कुण्डली में उसी प्रकार से ले जाइए। देखिएगा, गैलवेनोमीटर की सूई दूसरी दिशा में विचलित होती है। अब चुम्बक को स्थिर रखकर कुण्डली को घुमाइए। देखिएगा कि गैलवेनोमीटर की सूई पहले जैसी विचलित हो रही है। अगर दोनों को स्थिर रखिए तो देखिएगा कि गैलवेनोमीटर की सूई भी स्थिर है। कुण्डली को तेजी से घुमाने पर सूई भी अधिक विचलित होगी।

इस प्रयोग से प्रमाणित हो जाता है कि तार की कुण्डली जब किसी चुम्बक की चुम्बकीय बल-रेखाओं को काटती है तब उसमें विद्युत्-धारा

उत्पन्न हो जाती है। साथ ही, धारा की दिशा कुण्डली तथा चुम्बक के ध्रुवों की पारस्परिक स्थिति और गति के अनुसार होती है। इस प्रकार से विद्युत् उत्पन्न करने को विद्युत्-चुम्बकीय प्रेरण द्वारा विद्युत् उत्पादन कहते हैं।

### डायनेमो

डायनेमो में एक चुम्बकीय क्षेत्र में अंदर तार की कुण्डली को लगातार घुमाकर विद्युत्-धारा उत्पन्न की जाती है। देखा गया है कि कुण्डली में तार के लपेटन जितने अधिक होंगे, उसे जितनी तेजी से घुमाया जाएगा और चुम्बकीय क्षेत्र जितना अधिक शक्तिशाली होगा, उत्पन्न धारा का विद्युत्-वाहक-बल (electro-motive-force) भी उसी हिसाब से अधिक होगा।

डायनेमो में एक नरम लोहे का वेलनाकार आर्मेचर (armature) होता है। इसपर बारीक तार की बहुत-सी कुण्डलियाँ अलग-अलग लपेटी हुई रहती हैं किंतु एक-दूसरे से सन्नद्ध रहती हैं। आर्मेचर एक धुरी पर लगा रहता है। यांत्रिक शक्ति से इस धुरी को घुमाकर, डायनेमो के अंदर के प्रभावशाली चुम्बकीय क्षेत्र में, आर्मेचर को तेजी से घुमाया जाता है, जिससे कुण्डली में विद्युत्-धारा उत्पन्न होती है। इस प्रकार से डायनेमो में यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत्-ऊर्जा में बदला जाता है। डायनेमो की धुरी को घुमाने के लिए तेल या कोयलाचालित इंजन या जल-शक्ति काम में लायी जाती है। जल-शक्ति द्वारा उत्पन्न विद्युत् को जल-विद्युत् (hydro-electricity) कहते हैं।

### प्रत्यावर्ती धारा (Alternating current)

डायनेमो के अंदर तार की कुण्डलियों को लेकर आर्मेचर लगातार एक ही दिशा में घूमता रहता है। इसलिए उसमें प्रेरण द्वारा उत्पन्न धारा की दिशा प्रत्येक आधे चक्र में विपरीत दिशा में बदलती रहती है। इस प्रकार से प्रथम आधे चक्र में विद्युत्-धारा का मान शून्य से बढ़कर उच्चतम मान तक पहुँचता है और फिर घटता हुआ शून्य हो जाता है। फिर दूसरे आधे चक्र में विपरीत दिशा में शून्य से बढ़ता हुआ उच्चतम मान तक पहुँच जाता है और फिर घटते हुए शून्य हो जाता है। इस प्रकार प्रत्येक संपूर्ण चक्र में दो बार विद्युत्-धारा का मान शून्य हो जाने के कारण धारा का प्रवाह दो बार क्षण-भर के लिए रुक जाता है और प्रत्येक चक्र में आरम्भ के प्रत्येक सिरे पर एक बार धन-ध्रुव तथा एक बार ऋण-ध्रुव उत्पन्न होता

है। प्रत्येक संपूर्ण चक्र को साइकिल (cycle) कहते हैं। साधारणतः डायनेमो में प्रति सेकेड ६० साइकिल होते हैं। इस प्रकार उनमें धारा १२० बार प्रति सेकेड दिशा बदलती है और इसके प्रत्येक सिरे पर प्रति सेकेड ६० बार धन-ध्रुव और ६० बार ऋण-ध्रुव उत्पन्न होता है। इसलिए, डायनेमो से उत्पन्न धारा को प्रत्यावर्ती धारा (alternating current) कहते हैं।

डायनेमो में उत्पन्न विद्युत्-धारा को बाह्य परिपथ में ले जाने के लिए उसकी धुरी में लोह के दो छल्लों को विद्युत्-रोधी वस्तु पर चढ़ाकर इस प्रकार लगा दिया जाता है कि छल्लो से धुरी में विद्युत् प्रवाहित न हो सके। आर्मेचर पर लगी कुण्डलियों का एक-एक सिरा एक-एक छल्ले के साथ लगा दिये जाते हैं। ये छल्ले—जिन्हें स्लिपरिंग (slip ring) कहते हैं—धुरी और आर्मेचर के साथ घूमते रहते हैं और घूमते समय वे दोनों दो धातु-निर्मित ब्रशों का स्पर्श किए रहते हैं। इन ब्रशों के साथ तार जोड़कर धारा को इच्छा-नुसार परिपथ में ले जाया जाता है।

### दिष्ट धारा (Direct current)

हम देख चुके हैं कि सेल का एक सिरा हमेशा धन-ध्रुव और दूसरा ऋण-ध्रुव बना रहता है। इसलिए उससे उत्पन्न होनेवाली विद्युत्-धारा हमेशा धन-ध्रुव से ऋण-ध्रुव की ओर यानी एक ही दिशा में प्रवाहित होती है। विद्युत्-वाहक-बल अधिक हो या कम, जो विद्युत्-धारा हमेशा एक ही दिशा में प्रवाहित होती है उसे दिष्ट विद्युत्-धारा (direct current) कहते हैं।

प्रत्यावर्ती धारा को दिष्ट धारा में बदलना

डायनेमो से उत्पन्न प्रत्यावर्ती धारा को दिष्ट धारा में परिवर्तित करने के लिए दिक्-परिवर्त्तक या कम्यूटेटर (commutator) काम में लाया जाता है। इसमें धुरी पर दो पूरे छल्ले के स्थान पर दो अर्ध-छल्ले आमने-सामने इस प्रकार से लगा दिये जाते हैं कि उनमें वैद्युतिक स्पर्श हो सके। आर्मेचर की कुण्डलियों का एक-एक सिरा एक-एक अर्ध-छल्ले से जोड़ दिया जाता है। प्रत्येक अर्ध-छल्ले का एक-एक धातु निर्मित ब्रश इस तरह से स्पर्श किए रहते हैं कि धुरी के प्रत्येक आधे चक्र के बाद—जब विद्युत्-धारा की दिशा बदलने लगती है—उस अर्ध-छल्ले से उसका स्पर्श छूट जाता है और दूसरे अर्ध-छल्ले से उसका स्पर्श हो जाता है, अर्थात् प्रत्येक ब्रश आधे

चक्र तक एक अर्ध-छल्ले को और दूसरे आधे चक्र तक दूसरे अर्ध-छल्ले को रपर्श किये रहता है। इसलिए एक व्रण का स्पर्श प्रति क्षण उसी अर्ध-छल्ले से रहता है, जो उस क्षण धन-ध्रुव है और दूसरे व्रण का उस अर्ध-छल्ले से जो उस क्षण ऋण ध्रुव है यानी व्रणों की ध्रुवता स्थिर रहती है और बाह्य परिपथ में धारा सर्वदा एक ही दिशा में प्रवाहित होती रहती है।

उपयोग—दिष्ट तथा प्रत्यावर्ती, दोनों प्रकार की धाराओं से प्रकाश, ताप आदि उत्पन्न किये जा सकते हैं। लेकिन कलई चढाना, बैटरी चार्ज करना आदि काम प्रत्यावर्ती धारा में नहीं हो सकते हैं।

प्रत्यावर्ती धारा की मुख्य सुविधा यह है कि उसकी वोल्टता को आवश्यकतानुसार बढ़ाया-घटाया जा सकता है। उच्च वोल्टता पर धारा को दूर ले जाने से मुख्य तार (main) में अपेक्षाकृत कम ऊर्जा नष्ट होती है और फिर आवश्यकतानुसार उनी वोल्टता को घटाकर उसे दस्तमाल किया जा सकता है। जिन यंत्र की नहायता में धारा की वोल्टता में परिवर्तन लाया जा सकता है, उन्हें ट्रांसफार्मर (transformer) कहते हैं।

### विद्युत् मोटर

विद्युत् मोटर का हम उगटा डायनेमो कह सकते हैं। इसमें विद्युत् ऊर्जा यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित की जाती है। इसमें भी चुम्बकीय क्षेत्रों में आर्मेचर धुरी पर घंटाया हुआ रहता है। आर्मेचर की कुण्डलियों में विद्युत्-धारा प्रवाहित करने में वह घूमने लगता है। आर्मेचर की घूमती हुई धुरी की सहायता से नाना प्रकार के कल-कारखाने तथा ट्राम, रेलगाड़ियाँ आदि चलाई जाती हैं।

### विद्युत् परिपथ (electric circuit)

विद्युत्-उत्पादक से निकलकर विद्युत्-धारा जिस मार्ग से, वैद्युतिक उपकरण, जैसे विजली का बल्ब, पंखा, चूल्हा, इस्तिरी आदि से होते हुए फिर उत्पादक तक प्रवाहित होती है, उसके प्रवाह के उस मार्ग को विद्युत्-परिपथ या इलेक्ट्रिक सर्किट कहते हैं। परिपथ चालक वस्तु द्वारा बनता है। इसके लिए धातु के बने तार काम में लाये जाते हैं। अगर इस परिपथ में कहीं तार टूट जाए या कोई अचालक पदार्थ बीच में जोड़ दिया जाए तो परिपथ टूट जाता है और

विद्युत्-धारा का प्रवाह रुक जाता है। हमें यह मालूम है कि विद्युत् का प्रवाह विद्युत्-स्रोत के ध्रुवों के विभवांतर पर निर्भर करता है। विद्युत्-स्रोत, जैसे सेल या डायनेमो, से उत्पन्न विभवांतर को उसका विद्युत्-वाहक-बल (electromotive force) कहते हैं।

कोई भी चालक, चाहे वह कितना ही अच्छा चालक क्यों न हो, विद्युत्-धारा के प्रवाह में कुछ-न-कुछ रुकावट अवश्य ही डालता है। विद्युत्-धारा के विरुद्ध किसी द्रव्य की इस रुकावट को उसका प्रतिरोध (resistance) कहते हैं। वैद्युतिक परिपथ के किसी अनुप्रस्थ परिच्छेद से जितना विद्युत्-आवेश प्रति सेकेंड प्रवाहित होता है उसे ही विद्युत्-धारा कहते हैं।

विभवांतर और विद्युत्-वाहक-बल के व्यावहारिक मातृक (unit) को वोल्ट (volt), प्रतिरोध के मातृक को ओम (ohm) और विद्युत्-धारा के मातृक को आंपियर (ampere) कहते हैं।

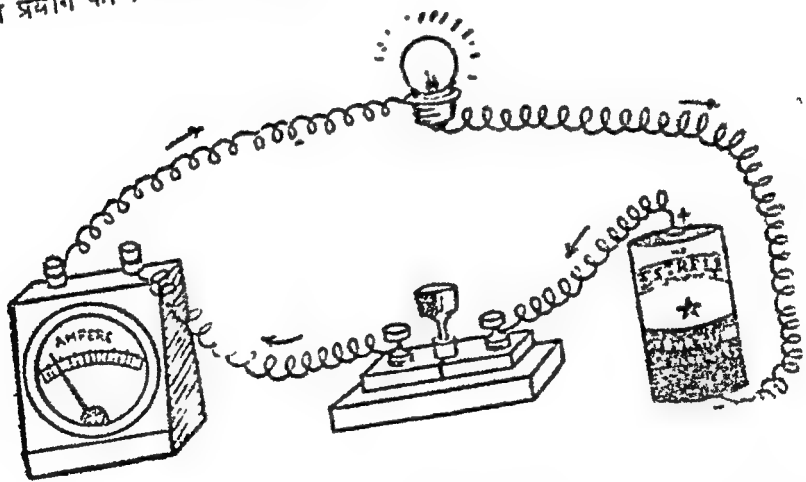
विद्युत्-घरो से, ताँवा या ऐल्युमिनियम के तार द्वारा, दूर-दूर तक, घरों में, कारखानों तथा अन्य आवश्यक स्थानों में विद्युत् पहुँचाई जाती है। इन तारों को 'विजली की लाइन' कहते हैं। अच्छा चालक होने के कारण ताँबे के तार का व्यवहार मुख्य लाइन तथा घरेलू लाइन में होता है। मुख्य लाइन से विद्युत्-धारा का संचार उच्च वोल्टता पर होने से, लाइन के प्रतिरोध के कारण, उसपर विद्युत् की ऊर्जा की बरबादी अपेक्षाकृत कम होती है। लेकिन, घरेलू काम के लिए उच्च वोल्टता की विद्युत् का व्यवहार खतरनाक होता है। इसलिए स्थान-स्थान पर उप-विद्युत्-घर (sub station) बनाये जाते हैं और उनमें परिवर्तक या ट्रांसफॉर्मर नाम के यंत्र की सहायता से आवश्यकतानुसार वोल्टता (विभवांतर) को घटाकर घरों में विद्युत् की आपूर्ति की जाती है।

विद्युत्-धारा परिपथ (circuit) को समझने के लिए निम्नलिखित प्रयोग को कीजिए .—

प्रयोग—एक साधारण सूखा सेल लीजिए। सेल के धन-ध्रुव से एक छोटा-सा तार जोड़िए। तार के दूसरे सिरे को एक पेच से जोड़ दीजिए। कचकड़े या लकड़ी जैसे किसी अचालक वस्तु के बने हुए आधार पर चालक



धातु के दो छोटे-छोटे प्लेट इस प्रकार बँठाए कि दोनों के बीच में थोड़ी-सी खाली जगह रह जाए। अब उस खाली जगह में एक धातु-निर्मित चाभी डाल दीजिए ताकि दोनों प्लेटों में विद्युतिक संपर्क हो जाए। पहले सेल के धन-ध्रुव में लगे हुए पेंच को एक प्लेट से जोड़ दीजिए। दूसरे प्लेट से एक और तार जोड़कर इसका दूसरा सिरा विद्युत्-धारा नापने के गंल, गैलवेनोमीटर के एक सिरे से जोड़ दीजिए। गैलवेनोमीटर के दूसरे सिरे को एक विद्युत् बल्ब के एक टर्मिनल से तार द्वारा संयोजित कर दीजिए। अब परिदृश्य के दूसरे टर्मिनल को मेल के ऋण-ध्रुव से तार द्वारा जोड़ दीजिए। अब परिदृश्य पथ पूरा हो जाता है और बल्ब जल उठता है। गैलवेनोमीटर के कर्टि को देखकर यह भी गालूम हो जाता है कि कितना एम्पीयर की विद्युत्-धारा प्रवाहित हो रही है। गैलवेनोमीटर के बिना, सीधे बल्ब से तार जोड़ कर भी इस प्रयोग को किया जा सकता है।



[ चित्र १४२—विद्युत्-चक्र ]

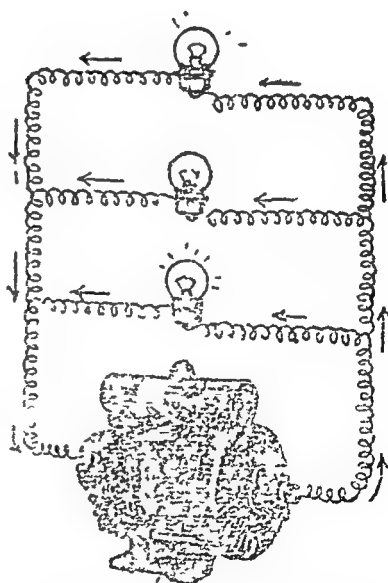
अगर इस परिपथ में किसी स्थान का तार टूट जाए या दोनों प्लेटों के बीच से चाभी उठा ली जाए तो विद्युत्-परिपथ पूर्ण नहीं होगा और बल्ब नहीं जलेगा। हर विद्युत्-परिपथ में विद्युत्-धारा को आवश्यकतानुसार बंद करने तथा चालू करने के लिए इस चाभी जैसे किसी-न-किसी साधन का, जिसे बटन या स्विच (switch) कहते हैं, बंदोबस्त रहता है।

## स्विच ( Switch )

बत्ती, पंखा आदि वैद्युतिक उपकरणों को इच्छानुसार चालू या बंद करने के लिए यह आवश्यक है कि जब चाहे, विद्युत्-परिपथ को संपूर्ण किया जा सके या काट दिया जा सके। यह काम स्विच या बटन की सहायता से किया जा सकता है। स्विच का आवरण विद्युत्-रोधी द्रव्य से बनता है। इसके अंदर धातु के दो पत्तर अलग-अलग लगे रहते हैं। प्रत्येक पत्तर के साथ स्क्रू द्वारा परिपथ के धन और ऋण तार जुड़े हुए होते हैं। स्विच का बटन दवाने से उसके साथ लगा हुआ एक तीसरा धातुनिर्मित पत्तर इन दोनों पत्तरो को संवधित कर देता है। इससे विद्युत्-परिपथ पूरा हो जाता है और वैद्युतिक उपकरण में धारा बहने लगती है। बटन को उठा देने से परिपथ फिर से कट जाता है और विद्युत्-धारा बंद हो जाती है। साधारणतः प्रत्येक उपकरण के लिए एक स्विच होता है। सारे घर के लिए एक मुख्य स्विच ( main switch ) लगाया जाता है। घर में अगर बिजली की मरम्मत आदि करनी हो तो इस स्विच को उठा करके बाहर की लाइन से घर की लाइन का संबंध काट दिया जाता है।

## वैद्युतिक उपकरण का जोड़ना

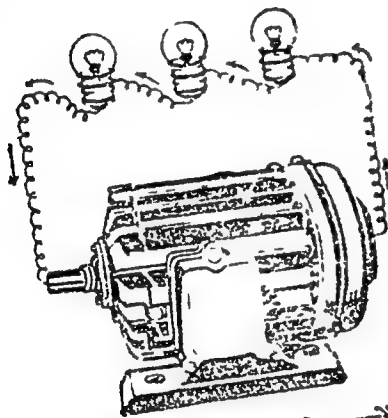
किसी भी विद्युत्-परिपथ में दो या अधिक उपकरणों को इस प्रकार जोड़ा जा सकता है जिससे एक को काट देने से भी दूसरा काम करता रहेगा। इस प्रकार में उपकरणों को आपस में संयोजित करने के ढंग को समांतर संवध (parallel connection) कहते हैं। इस प्रकार संवधित प्रत्येक वैद्युतिक उपकरण पर वही विभवांतर आरोपित होता है जो मुख्य तारों के बीच है। अगर एक उपकरण के भीतर का तार टूट जाए तो उसमें



[ चित्र १४३—समांतर क्रम से बल्बों को जोड़ना ]

से विद्युत् का प्रवाह बंद हो जाएगा और वह काम नहीं कर सकेगा, किन्तु बाकी उपकरण काम करते रहेंगे। घरों में समांतर संबंध में ही विद्युत्-पंखे तथा बत्तियाँ आदि लगायी जाती हैं और हरेक में विद्युत्-धारा को रोकने या चालू करने के लिए अलग-अलग स्विच लगा रहता है।

उपकरणों को एक और तरीके से भी जोड़ा जा सकता है। इसे श्रेणी-संबंध (series connection) कहते हैं। इस प्रकार से जोड़ने में एक उपकरण के एक टर्मिनल को विद्युत् उत्पादक के एक ध्रुव से जोड़ा जाता है। फिर उसी का दूसरा टर्मिनल दूसरे उपकरण के एक टर्मिनल से जोड़ा जाता है। फिर दूसरे का दूसरा टर्मिनल तीसरे के एक टर्मिनल से जोड़ा जाता है और इस प्रकार से सभी उपकरण श्रेणीक्रम से जोड़े जाते हैं। आखिरी उपकरण का दूसरा टर्मिनल विद्युत्-उत्पादक के दूसरे ध्रुव से जोड़ा जाता है। इस प्रकार से जुड़े हुए उपकरणों में अगर एक के भीतर का तार-दूट जाए तो पूरे परिपथ में धारा का प्रवाह बंद हो जायगा और सभी उपकरणों का काम बंद हो जायगा।



[ चित्र १४४ श्रेणीक्रम से बल्बों को जोड़ना ]

इसमें सभी उपकरण एक ही साथ चलाये या बंद किए जा सकते हैं, अलग-अलग नहीं।

### प्रतिरोध (Resistance)

संवाहक कितना ही अच्छा क्यों न हो, वह विद्युत्-धारा को प्रवाहित होने में कुछ न कुछ बाधा अवश्य ही देता है। उसकी इस बाधा को उसका प्रतिरोध कहते हैं। प्रसिद्ध जर्मन वैज्ञानिक जार्ज सायमन ओम (George Simen Ohm) ने विद्युत्-वाहक-बल, विद्युत्-धारा और प्रतिरोध के संबंध के एक महत्वपूर्ण नियम की स्थापना की। इस नियम को उनके नाम पर ओम का नियम (Ohm's law) कहते हैं। अगर किसी विद्युत्-परिपथ में विद्युत्-वाहक-बल स्थिर रहे और प्रतिरोध दूना कर दिया जाए तो धारा

आधी हो जायगी। विद्युत् की मात्रा कूलॉम (coulomb) से नापी जाती है। अगर किसी विद्युत्-परिपथ में प्रति सेकेंड एक कूलॉम विद्युत् प्रवाहित होती है तब विद्युत् की उस धारा को एक आम्पीयर की धारा कहते हैं।

ओम के नियम के अनुसार,

$$\text{धारा} = \frac{\text{विद्युत्-वाहक बल}}{\text{प्रतिरोध}} \left( \text{Current} = \frac{\text{electromotive force}}{\text{resistance in ohms}} \right)$$

$$\text{अर्थात्, आम्पीयर} = \frac{\text{वोल्ट}}{\text{ओम}}$$

अगर किसी सेल का विद्युत्-वाहक-बल २ वोल्ट हो और उससे एक तार जोड़ा जाए जिसका प्रतिरोध ४ ओम है तो उस तार में जो धारा प्रवाहित होगी उसका परिमाण आधा आम्पीयर होगा।

$$\text{क्योंकि, आम्पीयर} = \frac{\text{वोल्ट}}{\text{ओम}} \therefore \text{आम्पीयर} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

किसी भी परिपथ में तार का प्रतिरोध उसकी लंबाई, मोटाई तथा वह तार किस धातु का बना है, इसपर निर्भर करता है। तार की लंबाई जितनी ही अधिक होगी उसका प्रतिरोध भी उतना ही बढ़ता जाएगा। इसके विपरीत अगर तार की मोटाई बढ़ा दी जाए तो प्रतिरोध कम हो जाएगा। एक ही लंबाई तथा एक ही मोटाई के तार अगर भिन्न-भिन्न धातुओं के बने हो तो उन तारों का प्रतिरोध भी भिन्न-भिन्न होगा। सबसे कम प्रतिरोध सोने के तार का होता है, इसके बाद चाँदी का और फिर ताँवे के तार का। सोना और चाँदी बहुत कीमती होने के कारण साधारणतः बिजली की लाइन में ताँवे के तार का ज्यादा व्यवहार किया जाता है। ताँवे से लोहे का प्रतिरोध अधिक होता है। प्लैटिनम, टंगस्टन आदि का प्रतिरोध अधिक होने के कारण इनके वारीक तारों से बिजली बत्ती का फिलामेंट बनाया जाता है। घरों के विद्युत् परिपथ में विद्युत् प्रवाहित करने के लिए प्रयुक्त तारों का प्रतिरोध जितना ही कम हो उतना ही फायदा है। इस कारण ऐसे कामों के लिए साधारण मोटाई के ताँवे के तार का व्यवहार किया जाता है।

**वैद्युतिक ऊर्जा और शक्ति (Electrical energy and power)**

हमें मालूम है कि बिजली या विद्युत् एक प्रकार की ऊर्जा है और इसका परिमाण भी मापा जा सकता है। जिस दर से यानी प्रति सेकेंड जितनी वैद्युतिक ऊर्जा की खपत होती है उसे वैद्युतिक शक्ति (power) कहते हैं और इस शक्ति का मापक वाट (watt) है। यदि किसी चालक के सिरो पर एक वोल्ट का विभवांतर हो और उसमें एक आम्पीयर की धारा प्रवाहित हो रही हो तो चालक में एक वाट वैद्युतिक शक्ति की खपत होती है। अथवा वाट = वोल्ट × आम्पीयर।

उदाहरण के लिए—यदि कोई ऊष्मक (Heater) २२० वोल्ट और ११०० वाट का हो तो :—

$$११०० = २२० \times \text{धारा (आम्पीयर में)}$$

या धारा =  $\frac{११००}{२२०} = ५$  आम्पीयर। अर्थात् उस ऊष्मक से ५ आम्पीयर की धारा बहेगी।

एक वाट की दर से एक घंटे तक विद्युत्-शक्ति खपत होने से जो विद्युत् ऊर्जा खपत होती है उसे एक वाट-घंटा (watt-hour) कहते हैं। विद्युत् ऊर्जा का मापक बहुत छोटा होने के कारण घरों में विद्युत्-ऊर्जा की खपत की माप किलोवाट घंटा (kilo-watt-hour, K W H) में होती है। एक किलोवाट-घंटा एक हजार वाट घंटे के बराबर होता है और इसे ही विद्युत्-ऊर्जा का एक युनिट कहते हैं। एक सौ वाट की बत्ती अगर दस घंटे तक जलती रहे या एक सौ वाट की दस बत्ती अगर एक घंटे तक जलती रहे तो एक किलोवाट-घंटा या एक युनिट बिजली खर्च होगी। इस हिसाब से घर में खर्च होनेवाली बिजली का हिसाब लगाया जा सकता है।

**घर में बिजली लगाना****तार लगाना**

घर में या जहाँ भी बिजली लगानी हो, सबसे पहले बिजली का तार लगाना (wiring) पड़ता है। घर में लगनेवाले तार साधारणतः ताँबे या ऐल्युमिनियम के होते हैं। तार के ऊपर रबर या प्लास्टिक जैसे किसी

विद्युत्-रोधी पदार्थ का खोल चढ़ा रहता है। तार लगाने के लिए पहले दीवाली पर लकड़ी की पट्टी बँठा दी जाती है और फिर उसपर से धन और ऋण विद्युत् के लिए तार की दो लाइनें दौड़ाई जाती हैं। ये दोनों तार मुख्य लाइन का काम करते हैं। इन्हें गरम तार (live wire) और उदासीन या ठंढा तार (neutral wire) भी कहते हैं। इस मुख्य लाइन के साथ समांतर संबंध में बत्ती, पखे तथा विजली के अन्य उपकरण जोड़ दिये जाते हैं, ताकि प्रत्येक का आवश्यकतानुसार अलग-अलग इस्तेमाल किया जा सके। और, प्रत्येक पर वही बोल्टता हो जो लाइन पर है। तार लगाते समय इस बात का खयाल रखना चाहिए कि तार में कहीं जोड़ या कटाव न हो। जहाँ भी मुख्य लाइन के साथ उपकरणों को जोड़ना हो, वहाँ लकड़ी का एक छोटा बक्सा जैसा संधि-बक्स (joint box) लगा दिया जाता है और उस स्थान या कमरे के सभी उपकरणों को वही पर मुख्य लाइन से जोड़ दिया जाता है। विजली की मुख्य लाइन हमेशा काफी ऊँचाई पर लगानी चाहिए।

### स्विच बोर्ड (Switch board)

प्रत्येक उपकरण के लिए एक-एक स्विच लगाना पड़ता है। सुविधानुसार कई स्विचों को एक खोखले बक्स-जैसे बोर्ड पर लगा दिया जाता है और उस बोर्ड को दीवाल में ऐसे स्थान पर बँठा दिया जाता है, जहाँ आसानी से हाथ पहुँच सके। इस बोर्ड को स्विच बोर्ड कहते हैं। मुख्य तार के उदासीन (neutral) तार को उपकरण के एक टर्मिनल से जोड़ दिया जाता है और उपकरण के दूसरे टर्मिनल को स्विच के एक बिंदु से जोड़ दिया जाता है। स्विच के दूसरे बिंदु को लाइन के गरम तार (live wire) से जोड़ दिया जाता है। स्विच को दबाने से विद्युत्-परिपथ संपूर्ण हो जाता है और उपकरण काम करने लगता है।

अधिकांश स्विच-बोर्ड में स्विच के बलावा एक या दो प्लग सॉकेट (plug socket) लगा दिए जाते हैं। इनके दो बिंदुओं के साथ मुख्य लाइन के दोनों तार जोड़ दिये जाते हैं। उपकरण के दोनों टर्मिनलों के साथ दो तार जोड़कर उन्हें इस प्लग के दो बिंदुओं के साथ लगा दिया जाता है। प्लग को सॉकेट में बँठा देने से विद्युत्-परिपथ संपूर्ण हो जाता है और उपकरण काम करने लगता है। उपकरण को बंद करने के लिए प्लग को

सॉकेट से निकाल दिया जाता है। छत से लटकते हुए पंखे के लिए स्विच-बोर्ड पर पंखे का नियंत्रक या रेगुलेटर ( regulator ) लगा दिया जाता है। स्विच से तार, पंखे में जाने के पहले रेगुलेटर में से होकर जाता है। रेगुलेटर की सहायता से पंखे की चाल नियंत्रित की जाती है।

### मुख्य स्विच और मीटर ( main switch and meter )

घर के अंदर तार लग जाने के बाद उस लाइन के दोनों तारों को लाकर मुख्य स्विच के दोनो टर्मिनलों से जोड़ दिया जाता है। इस प्रकार घर के अंदर तार लगाना पूरा हो जाता है। फिर, विजली-उत्पादन-घर में आनेवाली लाइन के दोनों तार से दो तार लाकर घर के मुख्य स्विच-बोर्ड में लगे हुए फ्यूज ( fuse ) और विजली के मीटर में से ले जाकर उन्हें मुख्य स्विच से जोड़ दिया जाता है। मेन स्विच को उठाकर विजली-घर की मुख्य लाइन को घर की लाइन से जोड़ देने से घर के अंदर विजली की धारा आ जाती है और उससे आवश्यकतानुसार विजली के उपकरणों को चलाया जा सकता है।

विजली की खपत मापने का यंत्र मीटर है। हम पहले ही देख चुके हैं कि विजली की खपत का मापक किलोवाट-घंटा है, जिसे विजली का एक यूनिट कहते हैं। मीटर देखकर पता चल जाता है कि एक निश्चित अवधि में कितनी विजली की खपत हुई है और उसी के अनुसार विजली का बिल बनता है।

असल में मीटर एक विजली का मोटर है। इसके अंदर से विजली की धारा प्रवाहित होने से उसका आर्मेचर घूमने लगता है। मीटर के अंदर से जितनी ही प्रबल विद्युत्-धारा प्रवाहित होगी, अर्थात् घर में एक साथ जितनी अधिक विजली खपत होती रहेगी, मीटर का आर्मेचर उतनी ही तेजी से घूमने लगेगा। आर्मेचर के घूमने के साथ-साथ उसके साथ लगे हुए चक्के और चक्के से लगे सूचक भी अंकित डायल पर चलने लगते हैं। अंकित डायल पर सूचको का स्थान पढ़कर मालूम किया जाता है कि कितने यूनिट की विजली खपत हुई है।

कुछ मीटरों के घूमते हुए चक्के कुछ वेलनों को घुमाते जाते हैं। इन वेलनों पर अंक लिखे रहते हैं। जब एक वेलन ० से घूम कर फिर ० पर

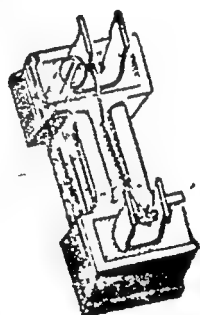
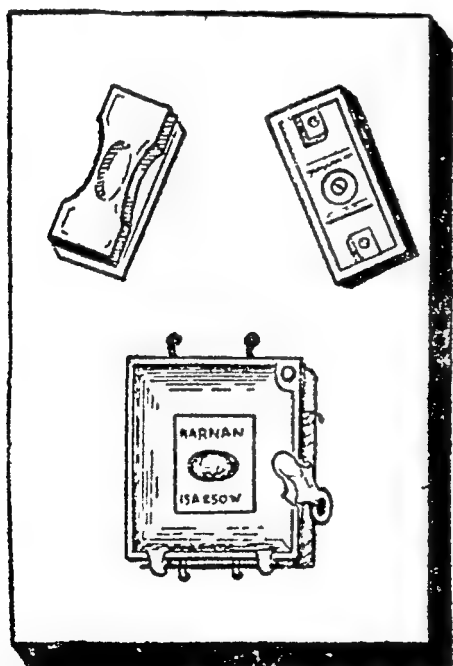
आता है तो दूसरा बेलन ० से १ पर आ जाता है। अर्थात् एक बेलन एक चक्कर के बाद दूसरा बेलन  $\frac{1}{6}$  चक्कर पूरा करता है। इस प्रकार दूसरे के एक चक्कर के बाद तीसरा  $\frac{1}{6}$  चक्कर पूरा करता है।

अगर घर के समस्त विद्युत् उपकरण बंद रहें तो मीटर के अंदर से विद्युत्-धारा का प्रवाह बंद हो जाता है और साथ ही मीटर के आर्मेचर का घूमना भी बंद हो जाता है।

हमारे देश में साधारणतः घरों में २२० वोल्ट के विभवांतर पर विद्युत् धारा की आपूर्ति होती है।

### फ्यूज (Fuse)

विद्युत्-परिपथ में फ्यूज तार का व्यवहार रक्षा कपाट (safety valve) का काम करता है। जब विद्युत्-परिपथ में मुख्य तारों का किसी कारणवश



[ चित्र १४५—फ्यूज ]

भूमि-स्पर्श हो जाता है (जिसे लघुपथन या short circuit कहते हैं) तब लाइन से अत्यन्त प्रबल धारा बहती है जिससे बिजली के उपकरणों के नष्ट-हो



जाने या तारों के जल जाने की सम्भावना पैदा हो जाती है, तब उस प्रबल धारा से यह फ्यूज तार तप्त होकर खुद-जल जाता है और इस प्रकार विद्युत्-परिपथ टूट जाने से विद्युत्-प्रवाह बंद हो जाता है। लघुपथन से घर में आग लगने की सम्भावना भी होती है। इस प्रकार से बिजली के बत्त, पंखा, चूल्हे आदि और घर की सुरक्षा होती है। फ्यूज तार टीन और ज़िंके की मिश्र धातु का बना हुआ होता है। यह तार विद्युत्-रोधी चीनी मिट्टी से बने होल्डर पर लगा रहता है। फ्यूज तार की मिश्र धातु का द्रवणांक निम्न होता है। इस कारण से जब विद्युत्-परिपथ में कहीं लघुपथन होता है तो मीटर या अन्य उपकरणों के तार के जल जाने के पहले ही फ्यूज तार, उत्पन्न द्रव्य द्वारा गलकर टूट जाता है और विद्युत्-प्रवाह बंद हो जाता है। फ्यूज-बक्से से होल्डर को निकालकर उस जले हुए फ्यूज तार को हटा करके, नया फ्यूज तार लगाकर, फ्यूज होल्डर को अपने स्थान में लगा देने में फिर से विद्युत्-परिपथ चालू हो जाता है। इस कारण घर में कुछ फ्यूज तार रखना चाहिए, जिसे जरूरत पड़ने पर फ्यूज में लगाया जा सके।

### फ्यूज तार बदलना

फ्यूज तार जल जाने पर, उसे बदलने के पहले मुख्य स्विच को बंद कर देना चाहिए। फिर पता लगाइये कि कौन-सा फ्यूज जल गया है और यह भी पता लगाने की कोशिश कीजिए कि फ्यूज तार क्यों जल गया है। साधारणतः बिजली की लाइन के तारों में या किसी उपकरण में लघुपथन (short circuit) हो जाने पर, फ्यूज में उसकी सहन सामर्थ्य से अधिक विद्युत्-धारा प्रवाहित होने के कारण, फ्यूज जल जाता है। तार जल जाने से या टूट जाने से, किसी प्रकार से पृथ्वी से तार का स्पर्श हो जाने से, किसी उपकरण के अंदर या बाहर ही लाइन के दोनों तारों का स्पर्श हो जाने आदि कारणों से लघुपथन हो सकता है। साथ ही फ्यूज तार के सामर्थ्य से अधिक धारा खींचनेवाले उपकरण को लाइन से जोड़ देने से भी फ्यूज तार जल जाएगा।

नया फ्यूज तार लगाने के पहले, अगर पता लग जाए तो, क्षतिग्रस्त लाइन या दोषी उपकरण की मरम्मत कर लेनी चाहिए। उपकरण अगर मरम्मत न हो सके, या अधिक धारा खींचनेवाला हो, तो उसे लाइन से अलग कर देना चाहिए। घर में जितने अम्पीयर के सामर्थ्य का मीटर हो,

उससे अधिक धारा-सामर्थ्य का फ्यूज तार कभी भी नहीं लगाना चाहिए । अगर अधिक धारा लेनेवाला उपकरण इस्तेमाल करना हा तो मीटर को बदलवा लेना चाहिए । अगर फ्यूज तार बार-बार जल जाता हो तो किसी विजली मिस्त्री से पूरे लाइन की जाँच करवानी चाहिए ।

फ्यूज बदलने के समय लकड़ी की कुर्सी, स्टूल आदि पर खड़ा होना चाहिए तथा खयाल रखना चाहिए कि शरीर के किसी अंश का दीवाल आदि से या किसी दूसरे आदमी से स्पर्श न हो जाय । अब चीनी मिट्टी से बने हुए फ्यूज होल्डर को खींच कर निकाल लीजिए और उसमे से जले हुए फ्यूज तार के टुकड़ो को निकाल दीजिए, फिर होल्डर मे नया फ्यूज तार लगाकर उसे अपने स्थान मे बैठा दीजिए । अब मुख्य स्विच को फिर से चालू कर दीजिए । कभी भी ताँवे या लोहे के पतले तार फ्यूज तार के बदले मे नहीं लगाना चाहिए ।

## विद्युत् का गृहोपयोग तथा गृहोपयोगी वैद्युतिक उपकरण

सभ्य जगत् के जीवन में दिन-प्रति-दिन विद्युत् अधिकाधिक महत्वपूर्ण स्थान ग्रहण करती जा रही है। यह तो निश्चित तौर पर कहा जा सकता है कि अदूर भविष्य में विद्युत् ही मनुष्य के लिए आवश्यक समस्त प्रकार की ऊर्जा का मुख्य साधन बन जाएगी। कहा जा सकता है कि विद्युतन (electrification) तथा ग्राम स्वराज्य के विस्तार से ही हमारे देश की अधिकतर समस्याओं का समाधान हो सकता है।

विद्युत् की सहायता से बड़े-बड़े कल-कारखाने, रेल, ट्राम गाड़ी आदि से लेकर खेतों की सिंचाई के लिए पानी के पम्प, सिलाई मशीनें, करघे तथा अन्य छोटे-छोटे गृह-उद्योगों के यत्न, चलाये जाते हैं। टेलीग्राफ, टेलीफोन, एक्सरे यत्न, रेडियो, टेलिविजन, टेपरेकार्डर, लाउड स्पीकर, रेकार्ड प्लेयर, रेफ्रिजरेटर इत्यादि कितने ही उपकरण विद्युत् की सहायता से ही काम करते हैं। विद्युत् की रोशनी से अंधेरी रात जगमगा उठती है। इसकी सहायता से घुटन भरी गर्मी और भयकर जाड़े के मौसमों में चैन से रहा जा सकता है। आज इसकी सहायता से कितनी ही बीमारियों का इलाज हो रहा है और सैकड़ों काम करने में मदद मिल रही है।

दिन-प्रति-दिन हमारे घरों में विद्युत् का उपयोग बढ़ता जा रहा है। बत्ती से लेकर वातानुकूलन (air conditioning) ; खाना पकाने से लेकर कपड़ा धोने और झाड़ू देने तक के काम आज विद्युत् की सहायता से किये जा रहे हैं।

### विजली की बत्ती (Electric lamp)

घरों में विद्युत् का सबसे अधिक उपयोग, प्रकाश उत्पन्न करने के लिए होता है। अगर किसी तार का, जिसमें से विद्युत्-धारा प्रवाहित हो रही हो, प्रतिरोध ऊँच हो तो विद्युत्-धारा से इतनी ऊष्मा उत्पन्न होती है कि

तार तप्त होकर प्रकाशमान हो जाता है। तार जितना ही पतला होगा, उसका प्रतिरोध उतना ही अधिक होगा और उसमें उतना ही अधिक प्रकाश उत्पन्न होगा। इस विधि से उत्पन्न प्रकाश को उद्दीप्त प्रकाश (incandescent light) और बत्ती को उद्दीप्त बत्ती (incandescent lamp) कहते हैं। इसी सिद्धांत के आधार सन् १८७८ में प्रसिद्ध अमेरिकन वैज्ञानिक टामस अलवा एडिसन और अंगरेज वैज्ञानिक स्वान ने फिलामेंट बत्ती (filament lamp) या तंतु बत्ती का आविष्कार किया था। पहले-पहल यह बत्ती काँच के निर्वातित गोलक के अंदर कार्बन निर्मित पतला तंतु (filament) लगाकर बनाई जाती थी। तंतु के अंदर से विद्युत्-धारा प्रवाहित करने से वह इतना गर्म हो जाता है कि उसमें से श्वेत प्रकाश निकलने लगता है। किंतु देखा गया कि ज्योतिष्मान कार्बन-तंतु के उच्च तापमान पर तंतु से कार्बन के कणों का वाष्पन होता है और ये वाष्पित कार्बन कण काँच के गोलक पर जमा होकर उसे काला कर देते हैं। इस दोष को दूर करने के लिए सन् १९०६ ई० में क्लूज नाम के वैज्ञानिक ने टंगस्टन के तंतु की बत्ती बनाई। आज भी विजली बत्ती के बल्ब बनाने में टंगस्टन तंतु ही काम आता है। टंगस्टन के वाष्पन से भी बल्ब बहुत दिनों बाद थोड़ा-बहुत काला हो जाता था, बाद में चलकर देखा गया कि अगर बाल्ब को वायुशून्य करके उसमें नाइट्रोजन या अर्गन जैसा कोई अक्रिय गैस भर दिया जाए तो यह दोष बहुत हद तक दूर हो जाता है। इसलिए अब टंगस्टन-तंतु बल्ब बनाते समय उसे वायुशून्य करके उसके अंदर ऐसा ही कोई निष्क्रिय गैस भर दिया जाता है। साधारणतः इस काम के लिए नाइट्रोजन गैस का व्यवहार होता है। आजकल अधिकांश बल्बों में टंगस्टन-तंतु की छोटी-सी कुण्डली बनाकर लगा दी जाती है। इसमें ऊष्मा केंद्रित होकर अधिकतर प्रकाश उत्पन्न करती है। सीधे तंतु वाले बल्बों की अपेक्षा कुण्डलीदार तंतु वाले बल्ब से १५ से ३० प्रतिशत अधिक प्रकाश मिलता है। इसलिए घरों में हमेशा कुण्डलीदार-तंतु (coiled coil) बल्ब इस्तेमाल करना चाहिए।

हमारे देश में घरों के लिए २२०-२५० वोल्ट पर विद्युत्-धारा की आपूर्ति होती है। बल्बों पर उसके उपयुक्त बोल्टेज तथा उसकी शक्ति, वाट में, छपी हुई होती है। साधारणतः घरों में २५, ४०, ६०, ७५ तथा १००

वाट के बल्ब इस्तेमाल होते हैं। उच्च वोल्टेज विद्युत् सर्किट में कभी भी निम्न वोल्टेज का उपकरण नहीं लगाना चाहिए, नहीं तो वह तुरत जल जाएगा। निम्न वोल्टेज सर्किट में उच्च वोल्टेज के उपकरण लगाने से, वह उपकरण काम नहीं करेगा।

खपत होती हुई विद्युत् ऊर्जा, कार्बन-तंतु बल्ब में तीन प्रतिशत, वायु-शून्य टंगस्टन-तंतु बल्ब में सात प्रतिशत तथा गैस भरे टंगस्टन-तंतु बल्ब में दस प्रतिशत, प्रकाश में रूपांतरित होती है। इस प्रकार निष्क्रिय गैस से भरे टंगस्टन-तंतु बल्ब में ऊर्जा का अपचय न्यूनतम होता है।

### नलिका बत्ती (Tube light)

आजकल नलिका बत्तियों का व्यवहार दिन-प्रतिदिन बढ़ता जा रहा है। इसमें बल्ब की तुलना में प्रति वाट कई गुना अधिक प्रकाश मिलता है और विद्युत् ऊर्जा का अपचय कम होता है।

पहले-पहल सन् १९०० ई० में पारा वाष्प बत्ती (mercury vapour lamp) के रूप में नलिका बत्ती बनाई गई थी। इसमें एक काँच की नली के अंदर थोड़ा-सा पारा रहता है। नली के दो सिरों के साथ बिजली के दो ध्रुव जोड़ दिये जाते हैं। नली के अंदर एक ऊष्मक कुण्डली होती है। जब ऊष्मक कुण्डली पारे को गर्म करके वाष्प बना देती है, तब इस वाष्प के माध्यम से विद्युत् का विसर्जन होता है जिससे पारा वाष्प से प्रकाश उत्पन्न होता है।

पारा वाष्प बत्ती से निकलनेवाले प्रकाश में पीले, हरे तथा नीले रंग के प्रकाश होते हैं, लाल रंग का नहीं। इसलिए इस प्रकाश में रंगीन पदार्थों का रंग परिवर्तित हुआ मालूम पड़ता है। लाल रंग की वस्तु काले या भूरे रंग की दीखती हैं। मनुष्य का रंग भी कुछ अजीब-सा लगता है। इसलिए यह बत्ती घर के काम लायक नहीं होती है।

पारा के बदले नली में सोडियम डालने से सोडियम वाष्प बत्ती (sodium vapour lamp) बनती है। इसमें हरापन मिला हुआ पीला प्रकाश निकलता है। यह बत्ती सड़को पर लगाई जाती है। लेकिन अपने प्रकाश के रंग के कारण यह घर के लिए उपयुक्त नहीं है।

यदि किसी नली में निम्न दाब पर भरे हुए नियन जैसे किसी गैस के अंदर से उच्च वोल्टता पर विद्युत्-धारा प्रवाहित की जाए तो गैस प्रकाश देने लगता है। प्रकाश का रंग गैस पर निर्भर करता है। नियन गैस बत्ती (neon light) लाल रंग का प्रकाश तथा हिलियम-गैस बत्ती (helium light) लगभग सफेद रंग का प्रकाश देती है। इन गैसों को विभिन्न रंग की नलिकाओं में भर कर और भी कई प्रकार के रंगों का प्रकाश मिल सकता है। विभिन्न रंगों की बत्तियों से बनी हुई विज्ञापन-बत्तियाँ इन्हीं गैसों की सहायता से बनती हैं। रंग तथा उच्च वोल्टता की आवश्यकता के कारण नियन बत्ती घर के अंदर काम लायक नहीं है।

इस तरह की बत्तियों में काफी मात्रा में परावर्गनी प्रकाश (ultra-violet light) भी उत्पन्न होता है, जिसे नली का काँच अवशोषित कर लेता है और वह बेकार बरबाद हो जाता है। परावर्गनी प्रकाश दिखाई न देने के कारण काला प्रकाश (black light) कहलाता है।

### प्रतिदीप्ति (Fluoresence) तथा स्फुरदीप्ति (Phosphoresence)

कुछ ऐसे पदार्थ हैं जिन पर परावर्गनी प्रकाश के पड़ने से वे दीप्तिमान हो जाते हैं। अगर ऐसा कोई पदार्थ केवल तब तक दीप्तिमान रहता है, जब तक उस पर परावर्गनी प्रकाश गिरता रहे तब उस पदार्थ को प्रतिदीप्त (fluorescent) पदार्थ कहते हैं। अगर परावर्गनी प्रकाश से दीप्तिमान किसी पदार्थ के ऊपर से प्रकाश को हटा लेने पर भी अगर वह दीप्तिमान बना रहता है तो ऐसे पदार्थ को स्फुरदीप्त (phosphorescent) पदार्थ कहते हैं। प्रतिदीप्त पदार्थ के प्रकाश को प्रतिदीप्ति तथा स्फुरदीप्त पदार्थ के प्रकाश को स्फुरदीप्ति कहते हैं।

अगर नलिका बत्तियों की नलिकाओं की भीतरी सतह पर प्रतिदीप्त पदार्थ का लेप लगा दिया जाय तो परावर्गनी प्रकाश अवशोषण द्वारा नष्ट होने के बजाय उस लेप को दीप्तिमान कर देगा और इस प्रतिदीप्ति के कारण बत्ती की रोशनी काफी बढ़ जाएगी। विभिन्न प्रकार के प्रतिदीप्त पदार्थ का लेप लगाकर विभिन्न रंगों का प्रकाश मिल सकता है।

### प्रतिदीप्त नलिका बत्ती (Fluorescent tube light)

घरों में साधारणतः प्रतिदीप्त नलिका बत्ती लगाई जाती है। यह मूलतः पारावाष्प बत्ती होती हैं। इसकी नली की भीतरी सतह पर ऐसे प्रतिदीप्त पदार्थ का लेप लगा रहता है, जिससे इच्छित रंग का प्रकाश मिल सके। ऐसी बत्ती में जो प्रकाश मिलता है वह पारावाष्प बत्ती के प्रकाश तथा प्रतिदीप्त के प्रकाश का मिश्रण होता है। पारावाष्प से उत्पन्न प्रकाश की तुलना में प्रतिदीप्त से उत्पन्न प्रकाश की तीव्रता अति अधिक होने के कारण प्रकाश का रंग मुख्यतः प्रतिदीप्त के अनुसार होता है। नीचे कुछ प्रतिदीप्त पदार्थ के लेप में मिलनेवाले प्रकाश का रंग दिया जा रहा है :—

कैल्सियम टंगस्टन	—	नीला
मैंगनेसियम टंगस्टन	—	नीला-सफेद
जिक सिलिकेट	—	हरा
कैडमियम बोरेट	—	गुलाबी
कैडमियम बोरेट-नली पर लाल फिल्टर के साथ	—	लाल
कैडमियम सिलिकेट	—	पीला-गुलाबी

इन पदार्थों को उचित अनुपात में मिलाकर 'दिवालोक' प्रतिदीप्त बत्ती (day light fluorescent lamp) बनाई जाती है। 'दिवालोक' प्रकाश का रंग, नीला-सफेद या पीला-सफेद, दोनों प्रकार के हो सकते हैं। इन बत्तियों से दिन की रोशनी से मिलती-जुलती जो रोशनी मिलती है, ऐसी और किसी भी प्रकार की बत्ती में नहीं मिलती है।

घरों में साधारणतः २० तथा ४० वाट की नलिका बत्ती लगाई जाती है। इन बत्तियों में एक बॉलस्ट (ballast) तथा स्टार्टर (starter) लगे हुए होते हैं, जो बत्तियों में जानेवाली विद्युत्-धारा को नियंत्रित करते हैं। इन बत्तियों का जीवन-काल, लगभग ३२०० घंटा होता है।

प्रतिदीप्त नलिका बत्तियों की कार्य-क्षमता टंगस्टन-तंतु बत्तियों से बहुत अधिक होती है। हम देख चुके हैं कि तंतु बत्तियों में अधिकांश ऊर्जा ताप के रूप में नष्ट हो जाती है। आगे विभिन्न प्रकार की बिजली की बत्तियों में ऊर्जा के खर्च की तुलना में, उत्पन्न प्रकाश का हिसाब दिया जा

रहा है। इससे आप देखेंगे कि तंतु-वत्तियों की तुलना में प्रतिदीप्त नलिका वत्तियों में कितनी कम विजली के खर्च से कितना अधिक प्रकाश मिलता है।

विजली की विभिन्न प्रकार की वत्तियों की ज्योतिक दक्षता (लगभग)

टंगस्टन सफेद, दुधिया ६० वाट ८४० लुमेन अर्थात् १४ लुमेन प्रति वाट

“ “ “ १०० “ १६०० “ “ १६ “ “ “

“ “ “ १५० “ २५५० “ “ १७ “ “ “

“ “ “ २०० “ ३६०० “ “ १८ “ “ “

प्रतिदीप्त नलिका वत्ती 'दिवालो' १५ वाट ४९४ लु० अर्थात् ३३ लु० प्रति वाट

“ “ “ “ ३० “ १२०० “ “ ४० “ “ “

“ “ “ हरी १५ “ ९०० “ “ ६० “ “ “

“ “ “ “ ३० “ २२५० “ “ ७५ “ “ “

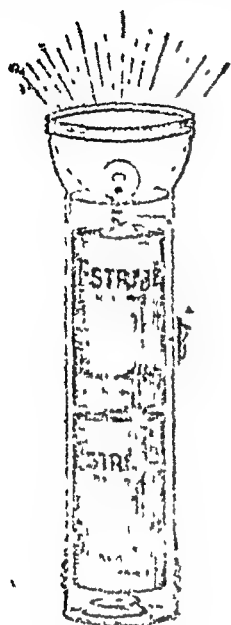
### टार्च (Torch)

टार्च एक प्रकार की विजली वत्ती है, जिसको हम आसानी से साथ रख सकते हैं तथा जहाँ चाहे ले जा सकते हैं और जरूरत के समय उससे रोशनी पा सकते हैं। टार्च हमारे दैनंदिन जीवन में बहुत काम आता है। इसलिए इसकी बनावट के संबंध में हमें जानकारी होनी चाहिए।

टार्च में, प्रकाश के लिए, सूखे सेल या बैटरी से विद्युत् ऊर्जा मिलती है। अधिकांश टार्चों का खोल धातु-निर्मित तथा बेलनाकार होता है। खोल का ऊपरी भाग अचालक वस्तु निर्मित एक चकती से बंद रहता है, जिसके बीच में चालक वस्तु निर्मित पेंचदार बल्ब होल्डर लगा हुआ रहता है। खोल के नीचे एक पेंचदार ढक्कन लगा हुआ होता है। खोल की लंबाई के अनुसार उसके अंदर उचित सख्या में सूखे सेल श्रेणीक्रम से भर दिये जाते हैं। ढक्कन के भीतरी तल पर एक धातु-निर्मित कमाना होती है, जो खोल को बंद कर देने पर, नीचे के सेल के ऋण-ध्रुव में सट जाती है और टार्च की दीवार के साथ उस ध्रुव का सवध जोड़ देती है। ऊपर के होल्डर में एक छोटा-सा बल्ब कस दिया जाता है, जिसका एक ध्रुव ऊपर के सेल के धन ध्रुव से सटा हुआ होता है। बल्ब का दूसरा ध्रुव, बल्ब होल्डर से सटा हुआ रहता है। बल्ब होल्डर अचालक चकती से लगा रहने के कारण उसमें



से होकर विद्युत्-चक्र पूरा नहीं हो पाता है और बल्ब नहीं जलता। बल्ब होल्डर की बगल में एक तार लगा हुआ होता है, जिसका दूसरा सिरा खोल के बाहर लगे हुए एक बटन के साथ जुड़ा हुआ होता है। बटन को दबाने से यह तार खोल की दीवान के साथ संयोजित हो जाता है। इससे विद्युत्-धारा-चक्र पूरा हो जाता है और बल्ब जल उठता है।



[ चित्र १४६—टार्च ।

टार्च के ऊपरी भाग में एक धातु-निर्मित अवतल दर्पण, जिसे परावर्तक कहते हैं, लगा हुआ होता है। बल्ब का प्रकाश इस अवतल दर्पण से परावर्तित होकर, तेज प्रकाश के रूप में दूर तक फैला जाता है। इस परावर्तक के ऊपर एक काँच की गोल चकती लगी हुई होती है, जिसमें बल्ब तथा परावर्तक सुरक्षित रहते हैं।

टार्च का खोल अगर प्लैस्टिक जैसे किसी अचालक पदार्थ में बना हुआ हो तो नेल के अणु ध्रुव से सटी हुई कमानी के साथ एक तार लगा दिया जाता है, जिसका दूसरा सिरा बटन के साथ ऐसे लगा दिया जाता है कि बटन दबाने से दोनों तारों में संयोग होकर विद्युत्-धारा-चक्र पूरा हो जाता है।

### विजली के पखे (Electric fan)

बत्ती के बाद, घरों में, विद्युत् का सबसे अधिक उपयोग पंखा चलाने में होता है।

विजली के पखे के अंदर एक मोटर लगा हुआ होता है। इसके अंदर से विद्युत्-धारा प्रवाहित होने से उसकी घुरी का दंड तीव्र गति से घूमने लगता है। दंड के साथ लगे हुए ब्लेड भी साथ-साथ घूमने लगते हैं और वायु में चक्काकार प्रवाह उत्पन्न करते हैं।

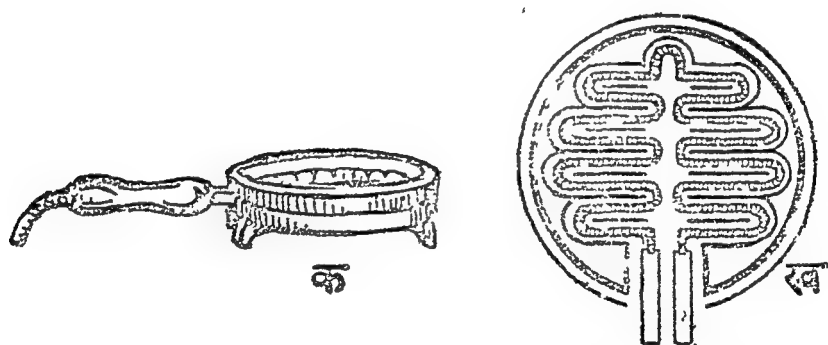
विजली के पखे साधारणतः दो तरह के होते हैं : छत से टँगनेवाले पखे (ceiling fan) और टेबल पखे (table fan)।

छत में टँगेवाला पंखा आकार में बड़ा होता है और इस प्रकार के अधिकांश पंखों में तीन बड़े-बड़े ब्लेड लगे हुए होते हैं। साधारणतः ये पंखे ३६ इंच, ४८ इंच और ५६ इंच नाप के मिलते हैं। टेबल पंखे, एक स्टैंड पर लगे रहते हैं। इनमें साधारणतः १६ इंच या १८ इंच के चार ब्लेड लगे हुए होते हैं।

टेबल पंखे में सुविधा यह है कि इसे आवश्यकतानुसार एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाया जा सकता है। लेकिन इससे, अधिक आदमी को एक साथ, हवा नहीं मिल सकती है।

### बिजली का चूल्हा तथा ऊष्मक (Electric stove and heater)

बिजली का चूल्हा खाना पकाने तथा पानी आदि गर्म करने के काम आता है। बिजली के ऊष्मक की सहायता से जाड़े के दिनों में कमरा आदि गर्म रखा जाता है। बिजली के चूल्हे तथा ऊष्मक दोनों एक ही सिद्धांत के अनुसार बनाये जाते हैं।



[ चित्र १४७—बिजली का चूल्हा : क—चूल्हा, ख—रोधक तार ]

जब किसी प्रतिरोधक वस्तु के अंदर से विद्युत्-धारा-प्रवाहित होती है, तब उसके प्रतिरोध के विरुद्ध धारा द्वारा किया हुआ कार्य ऊष्मा-ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रकार से उत्पन्न ऊष्मा से चूल्हे पर खाना आदि पकाया जाता है और ऊष्मक कमरे को गर्म करता है।

बिजली के चूल्हे में एक अचालक तथा दुर्गलनीय द्रव्य के ऊपर नाइक्रोम नाम के मिश्र धातु के प्रतिरोधक तार की कुण्डली लगी हुई होती है। कुण्डली

के दो सिरों को विजली की लाइन के साथ जोड़ देने से उसमें विद्युत्-धारा प्रवाहित होने लगती है और प्रतिरोध के कारण कुण्डली में ऊष्मा उत्पन्न हो जाती है। कुण्डली के साथ अचालक द्रव्य की चकती को फ्रेम के अंदर बैठकर चूल्हा बनाया जाता है। तार की कुण्डली को बैठाने की सुविधा के लिए चकती पर खाँची बने हुए होते हैं।

कमरा गर्म करने के लिए काम आनेवाले विद्युत्-ऊष्मक में एक या एकाधिक विद्युत्-रोधी नलियों पर लपेटी हुई नाइक्रोम के तार की कुण्डली होती है। यह कुण्डली धातु-निर्मित गोलीय अवतल परावर्तक या परवलयीकार परावर्तक के फोकस पर बँटाई रहती है। जब कुण्डली में विद्युत्-धारा-प्रवाहित होती है तब कुण्डली गर्म होकर ऊष्मा विकिरण करने लगती है। साथ ही पीछे लगा हुआ परावर्तक ऊष्मा किरणों को समेट कर सामने फेंकने में सहायता करता है।

साधारण विजली के चूल्हे में नाइक्रोम तार की खुली कुण्डली रहती है। गर्म प्लेट (hot plate) नाम के विजली के चूल्हे में कुण्डली को अभ्रक से अच्छी तरह ढँक करके एक कच्चे लोहे के खोल के अंदर रखा जाता है। फिर खोल को फ्रेम के ऊपर बँठा दिया जाता है। विद्युत्-धारा प्रवाहित होने से कुण्डली गर्म होकर खोल को भी गर्म कर देती है। गर्म खोल के ऊपर रखकर खाना आदि बनाया जाता है। विद्युत् के साधारण चूल्हे में गर्म प्लेट इस माने में अच्छे होते हैं कि इस पर पानी आदि गिर जाने से या छू जाने से विद्युत्-आघात (electric shock) लगने का खतरा नहीं रहता है।

### विजली की इस्तिरी (Electric iron)

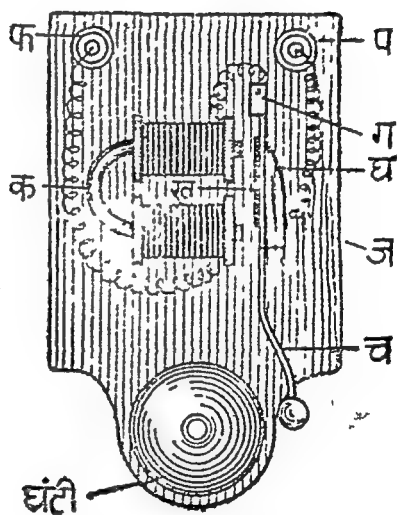
विजली की इस्तिरी भी उमी सिद्धांत के आधार पर बनती है, जिस पर विजली के चूल्हे बनते हैं। विजली की इस्तिरी के अंदर भी प्रतिरोधक तार की कुण्डली को अभ्रक के पतले परतों के अंदर इस तरह बंद कर दिया जाता है कि वह किसी भी तरह इस्तिरी के धातु-निर्मित अंगों को स्पर्श न कर सके। विद्युत्-धारा प्रवाहित होने पर कुण्डली गर्म होकर इस्तिरी को गर्म कर देती है।

विजली की अच्छी इस्तिरियों में तापस्थापी यंत्र लगा हुआ होता है। इसकी सहायता से विभिन्न प्रकार के कपड़ों पर इस्तिरी करने के लिए आवश्यक तापमान पर इस्तिरी की ऊष्मा को स्थिर रखा जा सकता है।

### विजली की घंटी (Electric bell)

लोगों को बुलाने के लिए, दरवाजा खुलवाने के लिए, आगमन की सूचना देने के लिए, लोगों का ध्यान आकर्षित करने आदि कामों के लिए इस घंटी का इस्तेमाल होता है। इस घंटी के तीन मुख्य अंग होते हैं :—(१) एक धातु-निर्मित छोटी-सी घंटी, (२) एक छोटी हथौड़ी और (३) एक वैद्युतिक नाल-चुम्बक। वैद्युतिक चुम्बक में विद्युत्-धारा प्रवाहित करने से, चुम्बक के अंतरायिक आकर्षण से हथौड़ी घंटी पर चोट करने लगती है और घंटी बज उठती है।

चित्र में विजली की घंटी में क एक नाल-चुम्बक है। उसके सामने कच्चे लोहे की एक छड़ ख है, जो एक इस्पात-निर्मित हथौड़ी च से जुड़ी हुई है। हथौड़ी का ऊपरी सिरा एक इस्पात-निर्मित मजबूत कमानी ग के साथ जुड़ा हुआ होता है। एक और कमानी घ का एक सिरा हथौड़ी से जुड़ा होता है और दूसरा सिरा पेथ ज को स्पर्श करता है। पेच ज को तार द्वारा बिजली के लाइन के



[ चित्र १४८—विजली की घंटी ]

एक सिरों से प स्थान पर जोड़ दिया जाता है। कमानी ग को नाल-चुम्बक के तार के एक सिरों से संयुक्त कर दिया जाता है। चुम्बक के दूसरे सिरों के तार को फ स्थान पर लाइन के दूसरे सिरों से जोड़ा जाता है। हथौड़ी के निचले सिरों के सामने एक धातु-निर्मित घंटी लगी रहती है।

घटन दबाकर घंटी में विद्युत्-धारा-प्रवाहित करने से, धारा प से पेंच ज तथा घ और ग से होती हुई नाल-चुम्बक को चुम्बकित कर देती है तथा फ पर पहुँचकर विद्युत्-धारा-चक्र को पूरा कर देती है। नाल में चुम्बकत्व उत्पन्न होते ही वह कच्चे लोहे की छड़-समेत हथौड़ी को अपनी ओर खींच लेता है। इससे हथौड़ी घटी पर चोट करके उसे वजाती है। लेकिन हथौड़ी खिंच जाते ही कमानी घ पेंच ज से अलग हो जाती है और विद्युत्-धारा का परिपथ टूट जाता है। साथ ही नाल-चुम्बक का चुम्बकत्व भी लुप्त हो जाता है और हथौड़ी कमानी ग के खिंचाव से लौटकर अपने पहले के स्थान पर आ जाती है। हथौड़ी के लौटते ही कमानी घ पेंच ज से सट जाती है और विद्युत्-धारा चालू हो जाती है तथा नाल को चुम्बकित कर देती है और संपूर्ण क्रिया फिर से दोहराई जाती है। इस प्रकार लगातार हथौड़ी की चोट से घटी तब तक वजती रहती है, जब तक घटन दबा हुआ रहता है।

### रेफ्रिजरेटर (Refrigerator)

पिछले दिनों में रेफ्रिजरेटर एक विलास-सामग्री समझा जाता था। लेकिन अब इसे घरेलू उपकरणों में एक आवश्यक उपकरण समझा जाता है। खास करके जिन परिवारों की महिलाओं को भी पढ़ने-लिखने तथा अन्य काम-काज के लिए बाहर जाना पड़ता है, वहाँ रेफ्रिजरेटर की आवश्यकता और भी अधिक है। पकाया हुआ भोजन, दूध, फल, सब्जी, मिठाई, मक्खन, मास, मछली, अंडे आदि को रेफ्रिजरेटर में रखकर कई दिनों तक ताजा रखा जा सकता है। घर में रेफ्रिजरेटर रहने से खाने-पीने की चीजें बरबाद नहीं होती हैं और बहुत-सी चीजों को रोज बाजार से लाना तथा पकाना नहीं पड़ता है।

रेफ्रिजरेटर तीन प्रकार के होते हैं :—(१) बर्फ की सहायता से काम करनेवाले रेफ्रिजरेटर, (२) विजली से चलनेवाले रेफ्रिजरेटर और (३) गैस से चलनेवाले रेफ्रिजरेटर।

घरों में इस्तेमाल होनेवाले सभी प्रकार के रेफ्रिजरेटर साधारणतः आलमारीनुमा होते हैं। इनकी दीवारें दोहरी होती हैं। बाहरी और भीतरी दीवारों के बीच तीन से सवा तीन इंच खाली स्थान होता है। यह खाली स्थान किसी ऊष्मारोधी पदार्थ से भरा रहता है। साधारणतः इस काम

के लिए खनिज रुई ( mineral wool ) या रेशेदार काँच ( fibre glass ) इस्तेमाल होता है। इसके चलते रेफ्रिजरेटर के भीतरी हिस्से में बाहर के वायुमंडल की ऊष्मा का संचार नहीं हो पाता है। साथ ही, दीवारें बाहर तथा भीतर, दोनों ओर चिकनी, जलसह ( water proof ), तापसह तथा ध्व्वा-रोधक होती हैं। रेफ्रिजरेटर की दीवारे किसी वस्तु या गंध का अवशोषण नहीं करती हैं और उन्हें आसानी से साफ किया जा सकता है। रेफ्रिजरेटर का दरवाजा भी दोहरी दीवारों से बनता है और ऊष्मारोधी होता है। दरवाजे में रबर का गैसकेट लगा हुआ होता है, जिसके चलते दरवाजा मजबूती से बंद हो जाता है और रेफ्रिजरेटर को वायुरुद्ध बना देता है।

### वर्फ से चलनेवाले रेफ्रिजरेटर

यह सबसे साधारण रेफ्रिजरेटर है। घरों के लिए बिजली या गैस-चालित रेफ्रिजरेटर बनने के बहुत पहले से ही वर्फ का रेफ्रिजरेटर काम में लाया जाता था और बहुत-से स्थानों में आज भी काम में लाया जाता है, क्योंकि यह बहुत आसानी से बन सकता है और इसकी कीमत बिजली या गैस-रेफ्रिजरेटर की तुलना में बहुत ही कम होती है। इसके अंदर एक बंद पात्र में वर्फ रखी रहती है। वर्फ, गलने के साथ-साथ, पात्र की पतली दीवार में से, रेफ्रिजरेटर के अंदर रखी चीजों की ऊष्मा का अवशोषण कर लेता है और इस क्रिया से चीजे ठंडी हो जाती हैं। समस्त वर्फ गल जाने के बाद, पानी को फेंककर पात्र में फिर से वर्फ भर देना पड़ता है। साधारणतः इस प्रकार के रेफ्रिजरेटर में २४ घंटे में दो या तीन बार वर्फ डालना पड़ता है। इस रेफ्रिजरेटर में चीजे इतनी ठंडी नहीं हो सकती हैं जितनी बिजली या गैस-रेफ्रिजरेटर में होती है।

### बिजली का रेफ्रिजरेटर

आमतौर पर, जहाँ भी बिजली मिलती है, वहाँ बिजली का रेफ्रिजरेटर ही घरों में इस्तेमाल किया जाता है। बिजली के रेफ्रिजरेटर का इस्तेमाल करना बहुत ही आसान है। इसलिए तीन तरह के रेफ्रिजरेटरों में इसीका इस्तेमाल सबसे अधिक है।

विजली-रेफ्रिजरेटर में एक वैद्युतिक मोटर तथा एक पंप या संपीड़क (compressor) होते हैं। इसमें एक छोट्टे-में पात्र में, प्रशीतक द्रव (refrigerating fluid), अधिक दाब पर भरा रहता है। प्रशीतक द्रव ऐसा होता है जो साधारण दाब और तापमान पर गैस बन जाता है, लेकिन दाब में अल्प वृद्धि से द्रव बन जाता है। अधिकांश घरेलू रेफ्रिजरेटर में यह द्रव डाइक्लोरोफ्लूरोमिथेन (dichlorodifluoromethane) नाम का योगिक होता है। इस द्रव के अवस्था-परिवर्तन में रेफ्रिजरेटर में शीतलन (cooling) होता है। रेफ्रिजरेटर के अंदर प्रसार कुण्डलियाँ (expansion coils) होती हैं, जिन्हें उसका शीतलन एकक (cooling unite) कहते हैं।

मोटर, पंप की सहायता से, थोड़े-से प्रशीतक द्रव को प्रसार-कुण्डलियों में भेज देता है। वहाँ दाब घट जाने से वह द्रव रेफ्रिजरेटर के अंदर की हवा और अन्य चीजों की ऊष्मा का अवशोषण करके गैसीय अवस्था प्राप्त करता है। गैस कुण्डलियों के अंदर जल्दी-जल्दी प्रसारित हो जाता है और इस क्रिया में ठंडा हो जाता है। इस तरह में निर्धारित तापमान पर पहुँच जाते ही, रेफ्रिजरेटर में लगा हुआ तापस्थायी यंत्र, विद्युत्-धारा को काटकर मोटर को बंद कर देता है। गैस धीरे-धीरे ऊष्मा का अवशोषण करके गर्म होने लगता है और एक निर्धारित तापमान पर आते ही तापस्थायी यंत्र फिर से मोटर को चालू कर देता है। अब द्रव को प्रसार-कुण्डलियों में भेजने के साथ-साथ गर्म गैस को संपीड़क में खींच लाया जाता है और उसपर उच्च दाब लगाकर उसे मघनित कुण्डली (condensing coil) में ठंडा होने के लिए भेज दिया जाता है। घरेलू रेफ्रिजरेटर में सघनित कुण्डली को वायु की सहायता से ठंडा किया जाता है। दाब तथा शीतलन के फलस्वरूप गैस फिर से द्रव बन जाता है। पंप की सहायता से द्रव को पात्र में वापस भेज दिया जाता है। रेफ्रिजरेटर के अंदर बार-बार यह क्रिया होती रहती है। वैद्युतिक रेफ्रिजरेटर में संपीड़ित रहने के कारण इसे संपीड़न पद्धति (compression system) रेफ्रिजरेटर कहते हैं। साधारणतः इसमें मोटर तथा संपीड़क एक संपूर्ण रूप से बंद पात्र के अंदर रहते हैं और इनमें तेल आदि देने की आवश्यकता नहीं पड़ती।

प्रसार-कुण्डलियों के ऊपर की वायु भी शीतल होती रहती है और उसका जलीय वाष्प कुण्डलियों पर बर्फ बनकर जमने लगता है। कुण्डलियों पर जितनी अधिक बर्फ जमेगी, उनकी कार्य-क्षमता उतनी ही कम होती जाएगी। बर्फ ऊष्मा के कुचालक होने के कारण रेफ्रिजरेटर के अंदर की वायु तथा अन्य चीजे अब देर से ठंडी होगी और मोटर को अधिक समय तक चलते रहना पड़ेगा, जिससे बिजली का खर्च बढ़ जाएगा और रेफ्रिजरेटर जल्दी खराब होने की संभावना होगी। इसलिए हमेशा खयाल रखना चाहिए कि रेफ्रिजरेटर की प्रसार-कुण्डलियों पर बर्फ जमने न पावे।

सभी रेफ्रिजरेटरों के ताप-नियंत्रक-स्विच में एक बर्फ गलाने का विंदु होता है। नियंत्रक की सूई को इस विंदु पर कर देने से, रेफ्रिजरेटर के अंदर तापमान कम हो जाता है और कुण्डलियों पर जमी हुई बर्फ गल जाती है। समय-समय पर नियंत्रक को इस विंदु पर लाकर तथा आवश्यकतानुसार रेफ्रिजरेटर को कुछ समय के लिए बंद करके, उसमें बर्फ का जमना रोका जा सकता है। साथ ही रेफ्रिजरेटर के अंदर रखी हुई चीजों को ढककर रखने से उनमें समाविष्ट जल का वाष्पन कम हो जाने के कारण बर्फ कम जमती है।

अधिकांश घरेलू रेफ्रिजरेटरों में बर्फ जमाने का एक खाना होता है। प्रसार-कुण्डलियाँ इसके चारों ओर लिपटी रहती हैं। इसके चलते इसके अंदर का तापमान रेफ्रिजरेटर के अन्य भागों के तापमान से काफी कम होता है। इसमें पानी रखकर बर्फ जमाई जा सकती है तथा दूध से आइसक्रीम बनाई जा सकती है। इसके अंदर मांस, मछली आदि काफी दिनों तक परिरक्षित रहते हैं।

### गैस-रेफ्रिजरेटर

जिन जगहों में, जलाने के लिए, आसानी से गैस मिल सकता है, वही इस प्रकार के रेफ्रिजरेटर का इस्तेमाल किया जा सकता है।

गैस-रेफ्रिजरेटर में कोई चलायमान पुर्जा नहीं होने के कारण इसके चलते समय कोई ध्वनि नहीं होती है। इसमें संपीड़न विधि के बदले अवशोषण विधि से शीतलन होता है। इसमें एक छोटी-सी गैस की लौ से ऊर्जा मिलती है। गैस-रेफ्रिजरेटर में एमोबिया प्रशीतक का काम करता है।



वैद्युतिक रेफ्रिजरेटर की तुलना में, बहुत ही कम संख्या में गैस-रेफ्रिजरेटर इस्तेमाल होते हैं ।

### शून्यक स्वच्छक (Vacuum cleaner)

शून्यक स्वच्छक या वेकुम क्लीनर (vacuum cleaner) सफाई करने के लिए एक प्रकार का वैद्युतिक यंत्र है । यह यंत्र सफाई करने के साथ-साथ धूल, कूड़ा-करकट आदि को इकट्ठा भी कर लेता है ।

वेकुम क्लीनर के अंदर एक चूषण पंप (suction pump) लगा हुआ होता है । पंप के सामने यंत्र का मुँह खुला हुआ रहता है और उसके नीचे एक बक्सा जमा कूड़ा-दानी लगी रहती है । इस कूड़ेदानी के अंदर धूल, कूड़ा-करकट आदि जमा होते हैं । यंत्र के नीचे दो या चार छोटे-छोटे चक्के लगे हुए होते हैं और ऊपर एक लंबा हैंडल लगा रहता है ।

चूषण पंप को चालू करके, हैंडल पकड़कर यंत्र को फर्श पर इधर-उधर चलाया जाता है । यंत्र को जहाँ-जहाँ ले जाया जाता है, वहाँ-वहाँ की तमाम धूल तथा कूड़े-करकट आदि चूषण पंप द्वारा चूषित होकर यंत्र के अंदर चले आते हैं और कूड़ा-दानी में जमा हो जाते हैं । कूड़ा-दानी भर जाने पर उसका ढक्कन खोलकर उसमें जमा धूल आदि फेंक दी जाती है । इस यंत्र की सहायता से अल्प परिश्रम से घरों की सफाई, अच्छी तरह से की जा सकती है ।

इनके अलावा, कपड़ा धोने के यंत्र (washing machine), पानी गर्म करने के दंड (water heating rod), दाढ़ी बनाने के क्षुर (electric razor), सिगरेट लाइटर, मसाला पीसने के यंत्र, फलों के रस निकालने के यंत्र, लस्सी बनाने तथा मक्खन निकालने के यंत्र, बाल सुखाने के यंत्र (hair dryer) आदि कितने ही छोटे-बड़े वैद्युतिक यंत्रों से हम रोज घरों में काम लेते रहते हैं ।

इन वैद्युतिक यंत्रों की सहायता से न सिर्फ़ दैनंदिन घरेलू कामों को हम कम परिश्रम तथा कम समय में, अच्छी तरह कर सकते हैं, बल्कि साथ ही घर को साफ-सुथरा, सुन्दर, स्वास्थ्यप्रद तथा आरामदेह बनाए रख सकते हैं । दैनंदिन घरेलू काम-काज के लिए घर में वैद्युतिक साधन मौजूद रहने से, घरेलू काम-काज का बोझ काफी हल्का हो जाता है और महिलाओं को, पढ़ने-लिखने या अन्य कामों को करने के लिए समय मिल जाता है ।

यह सही है कि वैद्युतिक साधनों के इस्तेमाल से, घर के विद्युत् का खर्च बढ़ जाता है। लेकिन इन उपकरणों से जितनी सुविधाएँ मिलती हैं, उससे यह बढ़ा हुआ खर्च पूरा-पूरा वसूल हो जाता है। साथ ही, थोड़ा-सा ख्याल रखने से विद्युत् का निरर्थक खर्च रोका जा सकता है। अनावश्यक बत्ती या पंखे को चालू नहीं रखना चाहिए। एक मिनट के लिए भी अनावश्यक होने पर बत्ती, पंखा आदि बंद कर देना चाहिए। कमरे से निकलते समय बत्ती, पंखे आदि के स्विच को बंद कर देने की आदत डालनी चाहिए और विशेषकर बच्चों को यह आदत डलवानी चाहिए। पंखे, बत्ती आदि की तुलना में, वैद्युतिक चूल्हे, ऊष्मक, इस्तिरी आदि ताप उत्पन्न करनेवाले उपकरणों में कहीं अधिक बिजली खर्च होती है। इसलिए इन्हें सुनियोजित ढंग से इस्तेमाल करना चाहिए।

### सुरक्षा

हम देख चुके हैं कि कैसे मनुष्य ने विद्युत् को अपनी सेवा में लगाया है, कैसे इसकी सहायता से बड़े-बड़े कारखाने, रेल, ट्राम आदि चलाने से लेकर अपने दैनंदिन जीवन को साफ-सुथरा तथा आरामदेह बनाने के कार्य सिद्ध किये हैं। साथ ही, हमें यह भी ख्याल रखना पड़ेगा कि विद्युत् मनुष्य की सेवादासी तो बनी है, लेकिन वह रूपकथा की उस राक्षसी जैसी है, जो प्रभु के हर आदेश का पालन करने में असमर्थ को संभव तो जरूर कर देती है, पर, प्रभु की पहली गलती पर ही उसे खा भी जाती है। इसी प्रकार विद्युत् के लिए भी कहावत है कि उसके साथ एक बार ही गलती की जा सकती है। क्योंकि विद्युत् के साथ प्रत्येक गलती प्राणघाती हो सकती है। अतः वैद्युतिक उपकरणों का इस्तेमाल करते समय सुरक्षा के नियमों पर पूरा ध्यान देना चाहिए।

मनुष्य तथा अन्य प्राणियों के शरीर विद्युत् के सुचालक होते हैं। इसलिए विद्युत्-धारा इनमें से प्रवाहित हो सकती है। मानव-शरीर के अंदर से विद्युत्-धारा प्रवाहित होने से उसमें बहुत क्षति पहुँचती है और उसकी मृत्यु का कारण बन सकती है। एक स्वस्थ आदमी अगर सूखे स्थान पर खड़ा हो और उसके हाथ सूखे हो तथा विद्युत्-धारा हाथ के संपर्क में आते ही हाथ हटा ले सके तो घरों में इस्तेमाल होनेवाली २२० वोल्ट की

विद्युत्-धारा से उसका बहुत अधिक नुकसान न होगा। यह सही है कि उसके हाथ की पेशियों में एक झटका लगेगा और कुछ समय तक उनपर उसका असर बना रहेगा। लेकिन अगर वह गीले स्थान पर खड़ा हो, या उसका हाथ गीला हो या वह तुरंत अपने को विद्युत्-धारा के संस्पर्श से अलग न कर सके, तो खतरा बहुत ही बढ़ जाता है और फल भयंकर हो सकता है। विद्युत्-धारा की वोल्टता जितनी अधिक होगी उसमें उतना ही अधिक खतरा होगा। उच्च वोल्टता धारा के संस्पर्श में आने से उसी क्षण मनुष्य की मृत्यु हो सकती है।

किसी का विद्युत्-धारा से संपर्क हो जाए तो, यथासंभव शीघ्र, उसे विद्युत्-धारा के संपर्क से अलग करना चाहिए। याद रखिए, इस काम में एक क्षण की भी देर उसके लिए घातक हो सकती है। इस काम के लिए, संभव हो तो, तुरंत मुख्य स्विच को बंद कर देना, सबसे अच्छा उपाय है। अगर मुख्य स्विच बंद करना संभव न हो या उसमें देर होने की संभावना हो, या अन्य किसी उपाय से विद्युत्-धारा को काट देना संभव न हो तो सूखी लाठी, बाँस या लकड़ी से ठेलकर उस मनुष्य को विद्युत्-धारा के संपर्क से अलग कर देना चाहिए। कुछ भी हो, कभी भी, हाथ से या किसी गीली चीज से उसे छूना नहीं चाहिए। ऐसा करने से उसे बचाने के बजाए आप भी उसमें फँस जायेंगे और आपकी जान भी खतरे में पड़ जाएगी। क्योंकि ऐसा करने से विद्युत्-धारा आपके शरीर के अंदर से भी प्रवाहित होने लगेगी और आपको भी उतना ही नुकसान पहुँचाएगी। रबर, ऊनी कबल आदि अचालक वस्तुओं से भी हटाने का काम लिया जा सकता है।

विद्युत्-धारा से अलग करने के बाद उसे लिटा देना चाहिए और उसके शरीर को हल्के-हल्के दबाकर तथा मालिश करके रक्त-प्रवाह को ठीक से चालू होने में सहायता करनी चाहिए। संभव हो तो थोड़ा गर्म दूध, चाय या काफी पिला देवी चाहिए। अगर वह बेहोश हो गया हो, या उसे साँस लेने में कष्ट होता हो, या साँस रुक गयी हो तो कृत्रिम श्वसन द्वारा साँस चलाने की कोशिश करनी चाहिए और जितनी जल्दी हो सके, डॉक्टरों सहायता का प्रवध करना चाहिए।

## सावधानी

विद्युत् की लाइन का तार कहीं भी कटा-फटा नहीं होना चाहिए। तार के ऊपर का रबर या प्लैस्टिक का खोल कट-फट जाने से फौरन बिजली मिस्त्री बुलाकर तार को बदलवा लेना चाहिए। घर के अंदर बिजली के नंगे तार रखना, भयंकर खतरे को न्योता देना है। मनुष्य के लिए घातक होने के अतिरिक्त नंगे तार से घर में आग लग जाने की संभावना रहती। बिजली के स्विच, प्लग, प्लग-सॉकेट, स्विच-बोर्ड आदि भी टूटे-फूटे नहीं होने चाहिए।

कोई भी वैद्युतिक उपकरण खरीदने के पहले जाँच कर लेना चाहिए कि उसके आवरण का किसी अंग में विद्युत् का च्यवन (leakage) तो नहीं हो रहा है। बिजली के चूल्हे, ऊष्मक, इस्तिरी आदि इस्तेमाल करते समय भी इस बात पर ध्यान देना चाहिए। अच्छा तो यह है कि लकड़ी की पटरी या रबर की चटाई पर खड़े होकर या बैठकर इन चीजों का इस्तेमाल किया जाए। ऐसा करते समय ख्याल रखना चाहिए कि शरीर का कोई अंग दीवाल या फर्श को स्पर्श न करे। विशेषकर बिजली के चूल्हे पर खाना पकाते समय या पानी गर्म करते समय अवश्य ही ऐसा करना चाहिए; क्योंकि ऐसे समय प्रायः चूल्हे पर पानी आदि गिर जाता है, जिससे चूल्हे के आवरण में विद्युत् का च्यवन हो सकता है। लकड़ी की कुर्सी या चौकी पर बैठकर लकड़ी की पटरी पर पैर रख लेने से, आराम से बैठे-बैठे खाना पकाने के साथ-साथ खतरे से भी बचा जा सकता है। इस्तेमाल करते समय चूल्हे को भी लकड़ी की पटरी पर रख लेना चाहिए। नहीं तो चूल्हे में विद्युत् का च्यवन (leak) हो जाने से उसमें से विद्युत्-धारा धरती में समा जाने लगेगी और अत्यधिक विद्युत् खर्च होने के साथ-साथ पयूज जल जाने की संभावना पैदा हो जाएगी।

किसी उपकरण में विद्युत् का च्यवन (leakage) है या नहीं यह जाँचने के लिए एक छोटा-सा, पेचकशनुमा यंत्र मिलता है। इसे विद्युत्-परीक्षक (tester) कहते हैं। वैद्युतिक उपकरण बेचने की सभी दुकानों में यह परीक्षक मिलता है। प्रत्येक घर में ऐसा एक परीक्षक अवश्य ही रखना चाहिए। जब किसी भी वैद्युतिक उपकरण में विद्युत् के च्यवन का सदेह हो तो तुरंत इस परीक्षक की सहायता से उसकी जाँच कर लेनी चाहिए।

अगर उपकरण से छुआ देने से परीक्षक के अंदर लगी एक छोटी-सी बत्ती जल उठती है तो समझना चाहिए कि उपकरण में विद्युत् का च्यवन है। ऐसी हालत में उपकरण की बिना मरम्मत किये कभी भी इस्तेमाल नहीं करना चाहिए।

बल्ब आदि खोलने या लगाने के समय हमेशा, पहले स्विच को बंद कर देना चाहिए और फिर लकड़ी की कुर्सी या अन्य किसी अचालक वस्तु पर खड़ा होना चाहिए। टेबुल पखा, टेबुल बत्ती आदि को हटाने या इधर-उधर करने के पहले प्लग को सॉकेट से बाहर निकाल लेना चाहिए, ताकि वह लाइन से अलग हो जाए।

विजली के खुले तार को कभी भी किसी धातु-निर्मित छड़ या गीली लाठी, लकड़ी, बांस आदि से नहीं छूना चाहिए। तार से अटकी हुई पतंग निकालने की कोशिश में, या तार पर गिरी हुई वस्तु को पाने के लिए धातु-निर्मित छड़ या गीली लकड़ी आदि इस्तेमाल करने के कारण लोगो की जान चले जाने की घटना विरल नहीं है। विजली के तार पर कभी भी गीला कपड़ा डालने की कोशिश नहीं करनी चाहिए।

विजली के किसी भी उपकरण की, जो लाइन से जुड़ा हुआ है, मरम्मत करने के पहले मुख्य स्विच को अवश्य ही बंद कर देना चाहिए। घर में चूने की पोताई करते समय भी मुख्य स्विच को बंद कर देना चाहिए।



जीव-विज्ञान

BIOLOGY

परिचित होने के लिए, प्रकृति की अन्य सजीव सृष्टि के साथ समन्वय बनाए रखने के लिए तथा इनसे अधिकाधिक लाभ उठाने में सक्षम होने के लिए जीव-विज्ञान का, कम-से-कम, प्रारंभिक ज्ञान अत्यावश्यक है। साथ ही जीव की उत्पत्ति, सजीव पदार्थों पर वातावरण का प्रभाव, प्रकृति में संतुलन; जीव-विकास आदि के अध्ययन से न केवल सजीव सृष्टि के प्रति हमारी श्रद्धा बढ़ती है, बल्कि स्वयं अपने सम्बन्ध में भी हमें विशेष जानकारी मिल जाती है, क्योंकि मनुष्य भी प्रकृति के उन्हीं नियमों से प्रशासित होते हैं, जो समस्त सजीव सृष्टि के लिए लागू होते हैं। इसलिए अपने से भिन्न जीवों के संबंध में अध्ययन, अपने आप को भी विशेष रूप से समझने में सहायक होता है और अन्य सजीव सृष्टि के साथ अपनी स्थिति के संबंध में जानकारी पाने में मदद देता है।

जीव-विज्ञान के अध्ययन का व्यावहारिक मूल्य भी अत्यधिक है। चिकित्सा-शास्त्र की आधारशिला जीव-विज्ञान ही है। कृषि, बागवानी (horticulture) पशु-पक्षि-पालन आदि की उन्नति के लिए भी जीव-विज्ञान का अध्ययन अत्यावश्यक है।

### जीव-विज्ञान की शाखाएँ

जीव-विज्ञान दो प्रधान शाखाओं में विभाजित है :—(१) वनस्पति-विज्ञान (Botany) तथा (२) प्राणि-विज्ञान (Zoology)।

वनस्पति-विज्ञान, जीव-विज्ञान का वह भाग है, जिसमें पेड़-पौधों के विषय में सागोपाग विवेचन रहता है। प्राणि-विज्ञान, जीव-विज्ञान का वह भाग है जिसमें सभी प्राणियों के विषय में—जिनमें छोटे-से-छोटे जीवाणु से लेकर मनुष्य तक सभी शामिल हैं—सर्वांगीण विवेचन रहता है।

सजीव (living) तथा निर्जीव (non-living) पदार्थों में अंतर

पृथ्वी पर मिलनेवाली सभी वस्तुओं को दो भागों में बाँटा जा सकता है—सजीव तथा निर्जीव। मनुष्य से लेकर जंतु-जानवर, चिड़ियाँ, कीड़े-मकोड़े, पेड़-पौधे, जीवाणु आदि सजीव पदार्थ हैं। उधर बालू, पत्थर, पानी, वायु, रेल, मोटर आदि निर्जीव पदार्थ हैं।

सभी सजीव पदार्थों में, चाहे वे प्राणी हो या वनस्पति, कुछ-न-कुछ जीवन-क्रिया अवश्य ही होती रहती है। यही उनकी विशेषता है। जीवन-क्रिया का अभाव निर्जीव पदार्थ की निश्चित पहचान है।

सजीव पदार्थों में निम्नलिखित मुख्य विशेषताएँ होती हैं :—

(१) संचलन (movement)—संचलन जीवन का एक प्रधान लक्षण है। प्रत्येक सजीव पदार्थ में, चाहे वह पेड़-पौधा हो या जंतु-जानवर, किसी-न-किसी प्रकार का संचलन अवश्य ही होता है। संचलन कई प्रकार के होते हैं। प्राणी जब तक जीवित रहता है, एक स्थान से दूसरे स्थान तक अवश्य हा जाता-आता रहता है। इस संचलन को चालन (locomotion) कहते हैं। चालन-शक्ति केवल प्राणियों में ही होती है। वनस्पति में चालन-शक्ति नहीं होती। लेकिन प्राणी तथा वनस्पति दोनों के शरीर के अंदर रक्त, रस आदि के प्रवाह के रूप में संचलन लगातार होता रहता है।

चालन के अलावा सभी सजीव पदार्थों के शरीर के अंगों में भी अल्प मात्रा में संचलन होता रहता है। यह संचलन सजीव पदार्थों के आकार में वृद्धि के रूप में होता है। प्राणी तथा वनस्पति में संचलन या तो उनकी इच्छा से या स्वतः उत्पन्न होता है। स्वतः उत्पन्न संचलन को स्वचालित संचलन कहा जाता है।

निर्जीव पदार्थों में संचलन नहीं होता। बालू हो या पत्थर, वह न तो अपने-आप स्थान-परिवर्तन कर सकता है और न अपनी इच्छा से या स्वतः उनका शरीर बढ़-घट सकता है। अगर उनपर कोई बाहरी बल न लगे तो वे जैसे-के-तैसे रह जाते हैं। मोटरगाड़ी, रेलगाड़ी आदि में चालन तो होता है लेकिन वह बाहरी ऊर्जा के प्रभाव से होता है।

(२) रूप तथा आकार—प्रत्येक प्रकार के सजीव पदार्थ का चाहे वह प्राणी हो या वनस्पति, अपना-अपना विशिष्ट आकार, रूप तथा आंतरिक अंग-रचना होती है। उदाहरण के लिए, सभी गायों की बनावट एक-सी होती है तथा सभी का एक विशिष्ट आकार और औसत माप होती है, जिससे अधिक उनकी वृद्धि नहीं हो सकती है। एक गाय को देख लेने के बाद सभी गायों को पहचाना जा सकता है और एक की आंतरिक अंग-रचना को देखकर सभी गायों की आंतरिक अंगरचना का ज्ञान हो जाता है।



निर्जीव पदार्थ का कोई निश्चित रूप या विशिष्ट आकार नहीं होता है और न उनके शरीर के अंदर कोई अग-प्रत्यंग होता है।

(३) जीव-द्रव्य (protoplasm)—प्राणी तथा वनस्पति, अर्थात् सभी सजीव पदार्थ, जिस विशेष वस्तु से मूल रूप में बने हुए होते हैं, उसे जीव-द्रव्य कहते हैं। यह जीवन का मूल तत्त्व है। इसके बिना जीवन की सृष्टि नहीं हो सकती और इसके नष्ट होने के साथ-साथ जीवन का भी अंत हो जाता है। जीव-द्रव्य शरीर की कोशिकाओं में द्रव-रूप में रहता है। इसकी रासायनिक बनावट बहुत ही कोमल और जटिल होती है। विश्लेषण करने की प्रचेष्टा में इसमें से वही पदार्थ नष्ट हो जाता है, जिससे शरीर में जीवन का संचार होता है। मोटे तौर पर कहा जा सकता है कि जीव-द्रव्य एक रासायनिक यौगिक है, जिसमें प्रोटीन तथा अन्य रासायनिक पदार्थ कौलॉइड-अल घोल (colloidal solution) के रूप में पाये जाते हैं। यह घोल अनेक यौगिकों का एक परिवर्तनशील मिश्रण होता है।

निर्जीव पदार्थ में जीव-द्रव्य नहीं होता है।

(४) उपापचयन (metabolism)—सजीव पदार्थ में, जीवन को कायम रखने के लिए, आवश्यक है कि एक तरफ खाने के पदार्थ से शरीर के अंदर अनवरत जीव-द्रव्य का निर्माण होता रहे और दूसरी तरफ शरीर के अंदर ही जीव-द्रव्य को जलाकर ऊर्जा उत्पन्न होती रहे। जीव-शरीर के अंदर लगातार जीव-द्रव्य का बनना तथा जल कर ऊर्जा उत्पन्न करने की संपूर्ण क्रिया को उपापचयन या उपापचय कहते हैं। प्रत्येक सजीव पदार्थ जब तक जीवित रहता है, तब तक उनके शरीर के अंदर पाचन-क्रिया (digestion) द्वारा सृजनात्मक काम या उपचय (anabolism) तथा श्वसन (respiration) द्वारा ध्वंसात्मक काम या अपचय (catabolism) होता रहता है।

निर्जीव पदार्थ में उपापचयन नहीं होता है।

(५) पोषाहार (nutrition)—प्रत्येक जीव को अपनी जीवन-क्रियाओं के लिए ऊर्जा की आवश्यकता पड़ती है। यह ऊर्जा ऊँचे भोजन से ही प्राप्त होती है। साथ ही, शरीर के अग-प्रत्यंगों को पुष्ट बनाए रखने के लिए तथा उनकी वृद्धि के लिए भी भोजन की आवश्यकता होती है। जीव जंतु, पेड़-पौधे सभी, किसी-न-किसी रूप में, अवश्य ही खाने ग्रहण करते हैं।

लेकिन केवल खाद्य ग्रहण कर लेने से ही वह पोषक पदार्थ नहीं बन जाता है। शरीर के अंदर पहले खाद्य पदार्थ, विभिन्न क्रियाओं के फलस्वरूप घुलने-मिलने योग्य बनता है और फिर अनेक रासायनिक प्रक्रियाओं से जीवद्रव्य बन जाता है। इस प्रक्रिया को पोषाहार कहते हैं।

निर्जीव पदार्थों में पोषाहार जैसी कोई प्रक्रिया नहीं होती है।

(६) वृद्धि (growth)—पोषाहार के फलस्वरूप जब शरीर के अंदर अपचय की तुलना में उपचय अधिक होता है, तब जीवद्रव्य खास तौर पर बढ़ते हैं और शरीर के अंग-प्रत्यंगों में वृद्धि होती है। इस प्रकार सजीव में आत्मीकरण की प्रक्रिया (process of assimilation) में बाहरी पदार्थ को, खाद्य के रूप में ग्रहण करके, उसे सजीव पदार्थ में परिणत कर, अंगों में वृद्धि होती है। सजीव में वृद्धि का अर्थ केवल वजन या आकार में वृद्धि नहीं बल्कि उसका अर्थ है शरीर के अंग-प्रत्यंगों का नवनिर्माण। साथ ही, प्रत्येक सजीव की वृद्धि सीमित है और वह निश्चित समय तक ही हो सकती है। विशिष्ट आकार प्राप्त हो जाने के बाद अंग-प्रत्यंगों की वृद्धि रुक जाती है।

निर्जीव पदार्थों में भी कुछ अवस्थाओं में वृद्धि हो सकती है। बाहर से पदार्थ जमा होकर निर्जीव के आकार में वृद्धि हो सकती है। इसलिए यह वृद्धि केवल आकार या वजन की ही वृद्धि है, जिसकी न समय की सीमा और न आकार की ही कोई सीमा होती है।

(७) श्वसन (respiration)—वनस्पति तथा प्राणी, सभी जीव लगातार साँस लेते हैं। साँस लेते समय वायु के साथ ऑक्सीजन अंदर खींच लिया जाता है। इस क्रिया को प्रश्वसन (inspiration) कहते हैं। इस आक्सीजन की सहायता से, पोषाहार से प्राप्त पदार्थों को, शरीर के अंदर जलाकर, ऊष्मा के रूप में ऊर्जा मिलती है। इस क्रिया में उत्पन्न कार्बन-डाइ-ऑक्साइड गैस को साँस छोड़ते समय बाहर निकाल दिया जाता है। इस क्रिया को उच्छ्वसन (expiration) कहते हैं।

निर्जीव पदार्थों में श्वसन क्रिया नहीं होती।

(८) उत्सर्जन (excretion —उपापचय प्रक्रिया द्वारा विभिन्न आवश्यक पदार्थों के साथ-साथ, शरीर के अंदर, कुछ अनावश्यक पदार्थ भी उत्पन्न होते

रहते हैं। ये अनावश्यक पदार्थ साधारणतः शरीर के लिए हानिकारक होते हैं। इसलिए जीव इन अनावश्यक पदार्थों को शरीर से बाहर निकाल देते हैं। शरीर के अंदर उत्पन्न अनावश्यक पदार्थों को बाहर निकाल देने की क्रिया को उत्सर्जन कहते हैं।

निर्जीव में उत्सर्जन क्रिया नहीं होती है।

(६) उत्तेजनशीलता तथा उद्दीपनशीलता (irritability and response to stimuli)—प्रत्येक सजीव पदार्थ में बाहरी उत्तेजना या उद्दीपन की प्रतिक्रिया होती है। प्राणी में, साधारणतः वनस्पति की तुलना में उत्तेजना या उद्दीपन की प्रतिक्रिया अधिक होती है।

प्राणियों में, साधारणतः उत्तेजना या उद्दीपन की प्रतिक्रिया किसी-न-किसी प्रकार की गति द्वारा प्रकट होती है। आग से स्पर्श हो जाने से प्राणी तुरंत आग के पास से हट जाता है।

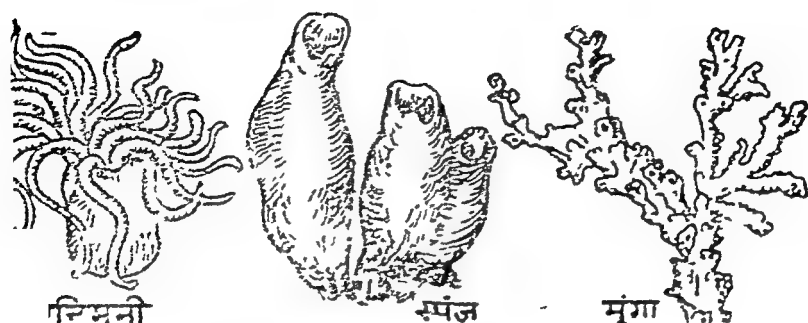
निर्जीव पदार्थों पर भी वातावरण की प्रतिक्रिया होती है। लेकिन यह प्रतिक्रिया उत्तेजना या उद्दीपन के कारण नहीं होती है। ऊष्मा से सभी निर्जीव पदार्थ विस्तारित होते हैं, लेकिन ऊष्मा के उद्दीपन से उनमें गतिरूप प्रतिक्रिया नहीं होती है।

(१०) प्रजनन (reproduction)—प्रत्येक सजीव पदार्थ, चाहे वह प्राणी हो या वनस्पति, अपने जैसे दूसरे सजीव पदार्थ उत्पन्न कर सकते हैं। इस क्रिया को प्रजनन कहते हैं। प्रजनन क्रिया भिन्न-भिन्न रूपों में होती है। वैंकटीरिया जैसे जीव अपने शरीर को दो भागों में बाँटकर, अपने जैसे नये जीव की सृष्टि करते हैं। प्राणी साधारणतः अंडे या बच्चे पैदा करके प्रजनन क्रिया करते हैं। वनस्पतियाँ, साधारणतः बीज या अपने शरीर के अंश-विशेष की सहायता से प्रजनन करती हैं।

निर्जीव पदार्थों में प्रजनन शक्ति नहीं होती है।

(११) जीवन चक्र (life cycle)—सजीव पदार्थों में अनवरत जीवन-क्रिया के साथ-साथ उनमें अनवरत परिवर्तन भी होता रहता है। इस परिवर्तन को चक्रिक (cyclic) परिवर्तन कहा जा सकता है; क्योंकि प्रत्येक सजीव पदार्थ में उत्पत्ति, वृद्धि, प्रजनन तथा विनाश या मृत्यु का क्रम एक

स्पंज, मूंगा, समुद्री एनीमोनी आदि कुछ ऐसे समुद्री प्राणी हैं जिनमें र-शक्ति नहीं होती है ।



[ चित्र १४९ ]

पर्णहरिम (chlorophyll)—पौधों का रंग हरा होता है, क्योंकि पौधों में एक प्रकार का हरा पदार्थ होता है, जिसे पर्णहरिम कहते हैं। पर्णहरिम केवल सूर्य किरण के प्रभाव से ही बच सकता है। पौधों के जिन भागों को सूर्य-किरण मिलती है, उन्हीं भागों में होता है। परजीवी (parasite), फफूँदी (fungus) आदि कुछ छोड़कर प्रायः सभी पौधों में पर्णहरिम पाया जाता है। यूग्लेना (Euglena) जैसे कुछ निम्न कोटि के प्राणियों को छोड़कर और अन्य प्राणियों में पर्णहरिम नहीं होता है।

पोषाहार (nutrition)—वनस्पति तथा प्राणियों में सर्वप्रमुख पोषाहार-विधि है। वनस्पति में पर्णहरिम द्वारा प्रकाश तथा पानी जैसे अकार्बनिक पदार्थों का कार्बोहाइड्रेट (carbohydrate) जैसे

## प्राणी तथा वनस्पति

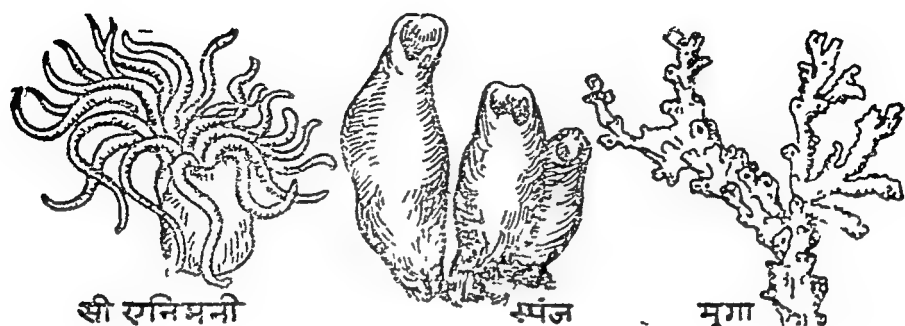
जीवित पदार्थों को मुख्यतः दो भागों में बाँटा जा सकता है :—(१) प्राणी तथा (२) वनस्पति । बैक्टीरिया जैसे असंख्य ऐसे जीवित पदार्थ हैं जिन्हें न तो ठीक प्राणी की ही श्रेणी में और न ठीक वनस्पति की ही श्रेणी में रखा जा सकता है । फिर भी, बैक्टीरिया को साधारणतः वनस्पति की श्रेणी में रखा जाता है । वास्तव में प्राणी तथा वनस्पति के बहुत ही सूक्ष्म रूपों को एक दूसरे से अलगाना बड़ा कठिन है ; क्योंकि इनमें साधारणतः दोनों के बहुत-से गुणों का समावेश रहता है । इस बात से अदाज लगता है कि आदिम जीव दोनों का समन्वय था । संभव है कि इनमें से कुछ ने वनस्पति के रूप में और कुछ प्राणी के रूप में विकास प्राप्त किया तथा कुछ जीव अपने आदिम रूप और गुणों को ही आज भी बरकरार रखे हुए हैं ।

### प्राणी तथा वनस्पति में अंतर

हम पहले ही देख चुके हैं कि समस्त जीवित पदार्थों में कुछ ऐसे गुण होते हैं जिनके चलते वे निर्जीव पदार्थों से अलग किए जा सकते हैं । इन समानताओं के बावजूद प्राणियों तथा वनस्पतियों में बहुत-से अंतर भी हैं .—

(१) चालन शक्ति (locomotion)—प्राणी तथा वनस्पति में यह एक मुख्य भेद है । प्राणी एक स्थान से अन्य स्थान जा सकता है, वनस्पति नहीं । वनस्पति की जड़ जमीन के अंदर से भोजन प्राप्त करती है और उन्हें अपने स्थान पर ही भोजन बनाने के लिए प्रकाश तथा आक्सीजन मिल जाता है । इसलिए वनस्पति को भोजन की खोज में एक स्थान से दूसरे स्थान पर जाने की आवश्यकता नहीं पड़ती है । लेकिन प्राणियों को अपना भोजन जुटाना पड़ता है, जिसके लिए उन्हें एक स्थान से दूसरे स्थान पर जाना पड़ता है । इस प्रकार जीवित रहने के लिए वनस्पति को चालन-शक्ति की आवश्यकता नहीं होती है, लेकिन प्राणी में यह आवश्यक है ।

स्पंज, मूँगा, समुद्री एनीमोनी आदि कुछ ऐसे समुद्री प्राणी हैं जिनमें चालन-शक्ति नहीं होती है ।



[ चित्र १४९ ]

(२) पर्णहरिम (chlorophyll)—पौधों का रंग हरा होता है, क्योंकि उनकी कोशिकाओं में एक प्रकार का हरा पदार्थ होता है, जिसे पर्णहरिम कहते हैं । पर्णहरिम केवल सूर्य किरण के प्रभाव से ही वृद्धि कर सकता है । इसलिए पौधों के जिन भागों को सूर्य-किरण मिलती है, उन्हीं भागों में पर्णहरिम होता है । परजीवी (parasite), फफूँदी (fungus) आदि कुछ पौधों को छोड़कर प्रायः सभी पौधों में पर्णहरिम पाया जाता है । यूग्लेना (Euglena) जैसे कुछ निम्न कोटि के प्राणियों को छोड़कर और अन्य प्राणियों में पर्णहरिम नहीं होता है ।

(३) पोषाहार (nutrition)—वनस्पति तथा प्राणियों में सर्वप्रमुख अंतर उनकी पोषाहार-विधि में है । वनस्पति में पर्णहरिम रहने के कारण वे कार्बन-डाइ-आक्साइड तथा पानी जैसे अकार्बनिक पदार्थों को, सूर्य-किरण की सहायता से कार्बोहाइड्रेट (carbohydrate) जैसे कार्बनिक पदार्थ में रूपांतरित करके अपने शरीर के अंदर ही अपना खाना बना ले सकते हैं । इस क्रिया को प्रकाश-संश्लेषण (photosynthesis) कहते हैं ।

कुछ कीट-भोजी पौधों को छोड़कर कोई भी वनस्पति ठोस खाना नहीं ग्रहण कर सकता है । मिट्टी के अंदर मिलनेवाले, खनिज लवण आदि खाना का वे पानी के साथ घोल के रूप में शोषण कर लेते हैं । इस विधि से खाना-

ग्रहण को वनस्पति-सदृश पोषण-विधि (holophytic mode of nutrition) कहते हैं। पौधों की नाईं प्राणी अपने शरीर के अन्दर अपना खाद्य नहीं बना सकते हैं। इसलिए उन्हें अपने खाद्य के लिए वनस्पति तथा अन्य प्राणियों पर निर्भर करना पड़ता है। साथ ही, प्राणी ठोस खाद्य ग्रहण कर सकता है। खाद्य उनके शरीर के अंदर नाना प्रकार की रासायनिक क्रियाओं द्वारा जीवद्रव्य में आत्मीकृत (assimilated) हो जाता है। इस प्रकार से खाद्य-ग्रहण-क्रिया को प्राणि-सदृश पोषण-विधि (holozoic mode of nutrition) कहते हैं।

(४) वृद्धि—प्राणी तथा वनस्पति दोनों में वृद्धि होती है। वनस्पति की लवाई में वृद्धि उनके शरीर के सभी भागों में न होकर केवल जड़ तथा शाखाओं के अग्र-भाग में होती है। लेकिन प्राणियों की लवाई में वृद्धि उनके शरीर के समस्त भागों में—अंग-प्रत्यंगों में—होती है।

वनस्पतियों में यह वृद्धि जीवन के अंत तक होती रहती है; लेकिन प्राणियों की वृद्धि एक निश्चित समय तक ही हो सकती है।

(५) उत्सर्जन (excretion)—प्राणियों में, उनके सक्रिय स्वभाव के कारण काफी परिमाण में नाइट्रोजनयुक्त व्यर्थ पदार्थ उत्पन्न होते रहते हैं। इस कारण उनमें एक विकसित उत्सर्जन अंग होता है। इस अंग में से होकर नाइट्रोजनयुक्त अनावश्यक पदार्थ तथा प्रयोजनातिरिक्त पानी आदि बाहर निकल जाता है।

वनस्पतियों में शारीरिक क्रिया इतनी कम होती है कि उनके शरीर के अंदर अनावश्यक नाइट्रोजनयुक्त पदार्थ बहुत ही कम उत्पन्न होता है। इसलिए उनके शरीर के अंदर कोई उत्सर्जन-अंग नहीं होता है। उनके शरीर में उत्पन्न थोड़ा-बहुत अनावश्यक पदार्थ पत्तों और छाल में जमा होता रहता है। वे समय-समय पर पत्तों और छाल को गिराकर, जमा हुआ ऐसे अनावश्यक पदार्थ को त्यागती है।

(६) अवयव की सममिति (body symmetry)—प्राणियों में अवयव का विकास द्विपार्श्वीय सममिति (bilateral symmetry) के रूप में हुआ है। विकास का यह रूप उनके चालनशीलता के कारण ही है। शरीर की द्विपार्श्वीय सममिति के कारण प्राणी स्वतंत्रता से चल-फिर सकता है।

वनस्पतियों में अवयवों का विकास अरीय सममिति (radial symmetry) के रूप में हुआ है। स्पंज आदि चालन-शक्तिहीन प्राणियों के अवयवों की सममिति वनस्पति जैसी होती है।

### प्राणी तथा वनस्पति में परस्पर निर्भरशक्तिता

प्राणी तथा वनस्पति एक-दूसरे पर निर्भरशील हैं। प्राणी को प्रत्यक्ष तथा अप्रत्यक्ष रूप से वनस्पति से ही भोजन मिलता है। मांसाहारी प्राणी को भी अप्रत्यक्ष रूप में अपने भोजन के लिए वनस्पति पर निर्भर रहना पड़ता है, क्योंकि उनके शिकार आमतौर पर शाकाहारी प्राणी ही होते हैं। मनुष्य के जीवन में तो वनस्पति अत्यावश्यक है। भोजन के अलावा, मनुष्य को, वस्त्र, घर-दरवाजे, उपस्कर, औषधि आदि कितनी ही वस्तुओं के लिए वनस्पति पर निर्भर रहना पड़ता है।

यद्यपि प्राणियों पर वनस्पति की निर्भरशीलता उतना सर्वात्मक नहीं है, फिर भी उन्हें कार्बन तथा नाइट्रोजन के लिए बहुत हद तक प्राणियों पर ही निर्भर रहना पड़ता है। साथ ही बहुत-सी वनस्पतियों को वन-विस्तार के काम में, परागण (pollination) आदि के लिए प्राणियों पर निर्भर रहना पड़ता है।

प्राणियों तथा वनस्पतियों में इस निर्भरशीलता का चक्र निरंतर चलता रहता है। इसमें कार्बन-चक्र तथा नाइट्रोजन-चक्र विशेष महत्वपूर्ण हैं। इनसे न केवल उनके पोषाहार में सहायता मिलती है, बल्कि साथ ही वायुमंडल में आक्सीजन, कार्बन-डाइ-आक्साइड तथा नाइट्रोजन के संतुलन की भी रक्षा होती है।

**कार्बन-चक्र—**प्राणी तथा वनस्पति श्वसन-क्रिया में वायु से आक्सीजन ग्रहण करके कार्बन-डाइ-आक्साइड त्यागते हैं। लकड़ी आदि के जलने से और प्राणियों तथा वनस्पतियों के सड़ने-गलने से भी कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस निकलता है। लेकिन पौधों को प्रकाश संश्लेषण के लिए कार्बन-डाइ-आक्साइड की आवश्यकता होती है और वे वायुमंडल से कार्बन-डाइ-आक्साइड ग्रहण करके आक्सीजन त्यागते हैं। इस प्रकार प्राणियों तथा



वनस्पतियों के सहयोग से वायु में कार्बन-डाइ-आक्साइड की मात्रा संतुलित रहती है।

नाइट्रोजन-चक्र—प्राणी अपने मल-मूत्र के साथ काफी परिमाण में नाइट्रोजनयुक्त पदार्थ त्यागते हैं। साथ ही, मृत प्राणियों के शरीर सड़-गलकर भी कई प्रकार के नाइट्रोजनयुक्त पदार्थ बनते हैं। पौधों को पोषण के लिए काफी नाइट्रोजन की आवश्यकता होती है और वे इस प्रकार ने बने हुए नाइट्रोजनयुक्त पदार्थों से नाइट्रोजन ग्रहण करके नाइट्रोजन का संतुलन बनाये रखते हैं।



## जीवद्रव्य (Protoplasm)

### जीवद्रव्य तथा कोशिका

सभी सजीव पदार्थों के शरीर की कोशिका एक विशेष पदार्थ से बनी हुई होती है। इस पदार्थ को जीवद्रव्य या प्रोटोप्लाज्म कहते हैं। जीवद्रव्य जीवन का भौतिक आधार है, जिसके बिना जीव की सृष्टि ही नहीं हो सकती है। जीवन के समस्त कार्य इसके द्वारा ही होते हैं।

### जीवद्रव्य की भौतिक रचना

भौतिक रचनाओं में जीवद्रव्य एक स्वच्छ, पारदर्शक, कणहीन या कणयुक्त, गाढ़ा द्रव पदार्थ है। जीवन की नाना प्रकार की क्रियाओं के कारण जीवद्रव्य की भौतिक तथा रासायनिक रचना में हमेशा परिवर्तन होता रहता है। श्वसन जैसी क्रियाओं के फलस्वरूप जीवद्रव्य आक्सीजन के संयोग से नष्ट होता रहता है और पोषाहार जैसी उपचय क्रियाओं के फलस्वरूप उनके स्थान पर निरंतर नया जीवद्रव्य बनता रहता है। साथ ही कोशिकाओं के अपने कार्य के अनुसार जीवद्रव्य की भौतिक अवस्था भी भिन्न-भिन्न होती है तथा इसका गाढ़ापन भी बदलता रहता है।

पानी से गाढ़ा होने के कारण जीवद्रव्य का घनत्व भी पानी से अधिक होता है। इस कारण, रगहीन होने पर भी, माइक्रोस्कोप के नीचे, पानी की बूँद के अंदर डूबे हुए, एमीबा (amoeba) का जीवद्रव्य साफ-साफ दिखाई पड़ता है। उसी प्रकार कोशिका-जीवद्रव्य के अंदर का केंद्रक या नाभिक (nucleus) जीवद्रव्य से अधिक घनत्वयुक्त होने के कारण माइक्रोस्कोप के नीचे स्पष्ट दिखाई देता है। नाभिक बनानेवाले जीवद्रव्य को नाभिकद्रव्य (nucleoplasm) कहते हैं।

### जीवद्रव्य की रासायनिक रचना

जीवद्रव्य की रासायनिक रचना अत्यंत जटिल तथा कोमल है। रासायनिक विश्लेषण करने की प्रचेष्टा में यह मर जाता है। फिर भी इतना

मालूम हो सका है कि जीवद्रव्य में पाये जानेवाले तत्त्व, प्रकृति में भी पाये जाते हैं। जीवद्रव्य में, ये सब तत्त्व किसी एक निश्चित यौगिक के रूप में नहीं, बल्कि नाना प्रकार के यौगिकों के कोलाइडी घोल (colloidal solution) के रूप में रहते हैं। जीवद्रव्य की रचना करनेवाले ये सब पदार्थ आधार द्रव्य के अंदर छोटे-छोटे कण के रूप में निरन्वित या लटके हुए (suspended) रहते हैं। जीवद्रव्य में ७० में लेकर ९० प्रतिशत केवल पानी होता है। इसलिए ठीक ही है कि पानी को 'जीवों का जीवन' कहा गया है। जीवद्रव्य में निम्नलिखित मुख्य तत्त्व होते हैं --

आक्सीजन ६५ प्रतिशत, कार्बन १८ प्रतिशत, हाइड्रोजन १० प्रतिशत, नाइट्रोजन ३ प्रतिशत, कैल्शियम २ प्रतिशत, फास्फोरस १ प्रतिशत, पोटेशियम ०.३५ प्रतिशत, गंधक ०.२५ प्रतिशत, सोडियम ०.१५ प्रतिशत, क्लोरीन ०.१५ प्रतिशत, मैग्नेशियम ०.०५ प्रतिशत, लोहा ०.०४ प्रतिशत।

इनके अलावा जीवद्रव्य में बहुत-से अन्य तत्त्व, जैसे आयोडिन, ताँबा आदि बहुत ही अल्प मात्रा में मिले हुए होते हैं। यद्यपि जीवद्रव्य में अधिकांश तत्त्व बहुत ही अल्प मात्रा में रहते हैं फिर भी उसमें इनका रहना अत्यावश्यक है।

आक्सीजन, कार्बन, हाइड्रोजन तथा नाइट्रोजन के नाना प्रकार संयोग से बने बहुत-से यौगिक जीवद्रव्य में मिलते हैं। इनमें प्रोटीन (protein), कार्बोहाइड्रेट (carbohydrate) तथा वसा (fat) प्रधान हैं। अन्य यौगिकों की तुलना में जीवद्रव्य में प्रोटीन की मात्रा अधिक होती है। उसके बिना जीवद्रव्य में वृद्धि नहीं हो सकती है। कार्बोहाइड्रेट के आक्सीकरण से शरीर को ऊर्जा मिलती है। वसा-रूप में प्राणि-कोशिकाओं में खाद्य पदार्थ संचित रहता है। आवश्यकता के समय इसके आक्सीकरण से ऊर्जा मिलती है। प्रोटीन - आक्सीजन, कार्बन, हाइड्रोजन तथा नाइट्रोजन का यौगिक है। कार्बोहाइड्रेट तथा वसा—कार्बन, हाइड्रोजन और आक्सीजन के यौगिक हैं।

इन यौगिकों के अलावा, विटामिन (vitamin), हार्मोन (hormone) एंजाइम (enzyme), लवण आदि अन्य कई आवश्यक पदार्थ भी जीवद्रव्य में होते हैं। इनमें से किसी भी पदार्थ की कमी होने से जीवन-क्रिया में हानि होती है।

## कोशिका (Cell)

वनस्पति तथा प्राणी, सभी जीवों के शरीर में, जीवद्रव्य असंख्य सूक्ष्मातिसूक्ष्म प्रकोष्ठों या इकाइयों में बँटे हुए होते हैं। किसी भी जीव के शरीर से एक बहुत पतले टुकड़े को तराज लिया जाए और उसे माइक्रोस्कोप यंत्र के नीचे रखकर देखा जाए, तो दिखाई पड़ेगा कि वह टुकड़ा असंख्य छोटी-छोटी इकाइयों से बना हुआ है। इन्हीं इकाइयों को कोशिका (cell) कहते हैं। सभी प्राणियों तथा वनस्पतियों के शरीर की रचना कोशिका तथा कोशिका उपज (cell products) से होती है और ये कोशिका जीवित पदार्थ का मूल रचनात्मक तथा क्रियात्मक इकाई है। इसे कोशिका सिद्धान्त कहते हैं।

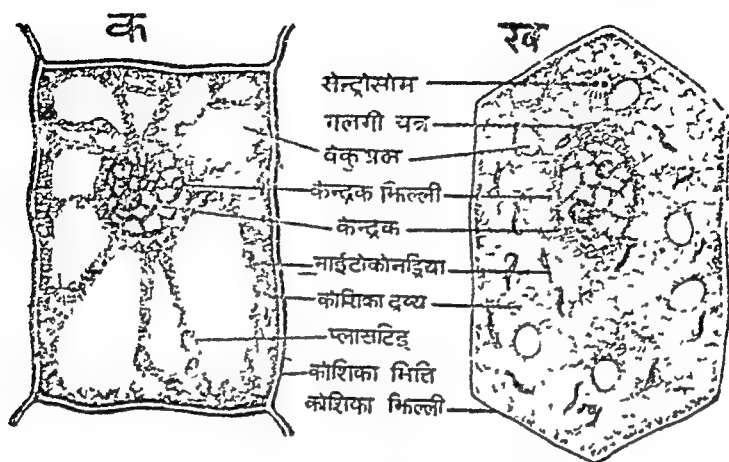
एक कोशिका (unicellular) प्राणियों और वनस्पतियों में, उसी एक कोशिका में समस्त जीवन-क्रिया होती है। वही एक कोशिका भोजन करती है, श्वास लेती है, बढ़ती है तथा प्रजनन करती है। बहुकोशिक (multicellular) जीवों में प्रत्येक कोशिका संपूर्ण शरीर की रचना का एक सूक्ष्म भाग होता है। जीवन-क्रिया में इन भागों का काम बँटा हुआ होता है। सभी के संयुक्त कामों को मिलाकर शरीर की जीवन-क्रिया संपूर्ण होती है।

कोशिका की रचना—प्रत्येक प्राणि-कोशिका एक कोमल प्लाज्मा झिल्ली (plasma membrane) से घिरी हुई होती है। इस झिल्ली को कोशिका झिल्ली (cell membrane) कहते हैं। यह झिल्ली कोशिका-जीवद्रव्य का ही कठिन ऊपरी स्तर होती है।

वनस्पति-कोशिका एक कठोर कोशिका-भित्ति (cell wall) से घिरी हुई होती है। कोशिका-भित्ति-कोशिका जीवद्रव्य की उपज से बनती है और प्राणि-कोशिका की कोशिका झिल्ली से भिन्न होती है। कोशिका-भित्ति में सेलूलोज (cellulose) जमा हो जाता है, जिससे वह कड़ी हो जाती है। प्राणियों की तुलना में वनस्पतियों के शरीर इसी कारण से कठोर और मजबूत होते हैं।

नाभिक या केंद्रक (nucleus)—प्रत्येक कोशिका के मध्य भाग में एक छोटा-सा गोलाकार या अंडाकार पिंड होता है जिसे नाभिक या द्रवक कहते

है। यह केंद्रक भी एक पतली झिल्ली से घिरा हुआ रहता है, जिसे केंद्रक झिल्ली (nuclear membrane) कहते हैं। केंद्रक कोशिका का बड़ा ही



[ चित्र १५०—वनस्पति तथा प्राणि-कोशिका : क—वनस्पति कोशिका, ख—प्राणि-कोशिका ]

महत्वपूर्ण भाग होता है। यह कोशिका की सभी क्रियाओं तथा कोशिका-विभाजन को नियंत्रित करता है।

**कोशिका-द्रव्य (cytoplasm)**—कोशिका में जीवद्रव्य को दो मुख्य भागों में बांटा जाता है—कोशिका-द्रव्य और केंद्रक द्रव्य (nucleoplasm)। कोशिका के अंदर के समस्त जीवद्रव्य को कोशिका-द्रव्य कहते हैं। कोशिका के बीच में, अपेक्षाकृत गाढ़ा जीवद्रव्य के संहति को, जिससे केंद्रक का निर्माण होता है, केंद्रक द्रव्य कहते हैं।

**सेंट्रोसोम (centrosome)**—कोशिका द्रव्य में केंद्रक के पास एक छोटी-सी गोलाकार वस्तु पाई जाती है। इसे सेंट्रोसोम कहते हैं। सेंट्रोसोम के अंदर दो या एक अति सूक्ष्म कण होते हैं, जिन्हें ताराकेंद्र (centriole) कहते हैं। सेंट्रोसोम अपने विश्राम की अवस्था में छोटा और निष्क्रिय बना रहता है। किंतु कोशिका-विभाजन के समय वह सक्रिय हो जाता है और इसके शरीर के बाहरी भाग से छितराती हुई किरण जैसी निकलती है, जिसे ताराकिरण (astral rays) कहते हैं। वनस्पति-कोशिकाओं में सेंट्रोसोम

नहीं होता है। लेकिन फफूंदी आदि निम्न कोटि के पौधों में कभी-कभी सेंट्रोसोम मिलते हैं।

**माइटोकॉण्ड्रिया (mitochondria)**—लगभग प्रायः सभी कोशिकाओं में माइटोकॉण्ड्रिया पाये जाते हैं। ये जीवित कोशिका द्रव्य में रहते हैं। साधारणतः ये कोशिका तत्त्वों में बँटे हुए रहते हैं। लेकिन उनकी स्थिति और रूप बदलते रहते हैं। माइटोकॉण्ड्रिया कोशिका द्रव्य की श्वास-क्रिया में संवधित होता है और ग्रंथि-कोशिका के स्राव (secretion) बनाने में काम करता है।

**गल्जीकाय (golgi bodies)**—जीवित कोशिका द्रव्य में गल्जीकाय मिलते हैं। ये कोशिका-द्रव्य में छितराये हुए या केंद्रक के पास केंद्रित रहते हैं। गल्जीकाय अम्ल या एलकोहल में घुल जाते हैं। वनस्पति कोशिका की तुलना में प्राणि-कोशिका में अधिक गल्जीकाय होते हैं।

**प्लैस्टिड (plastid)**—प्लैस्टिड या आदिलव वनस्पति-कोशिकाओं में पाये जाते हैं। प्लैस्टिक एक प्रकार के प्रोटीनकाय है, जो निर्माण पदार्थों से संवधित है। ये जीवित होते हैं और कभी भी नये नहीं बनते हैं। जो पहले से ही मौजूद है उनके विखंडन से इनकी संख्या में वृद्धि होती है। साधारणतः तीन प्रकार के प्लैस्टिड मिलते हैं—हरिताणु (chloroplast), रंगहीन कणिका (leucoplast) और रंग कणक (chromoplast)। हरिताणु हरा रंग का होता है। इसके चलते पौधों के पत्तों आदि में हरापन होता है। इससे पौधों के पत्तों आदि में कार्बोहाइड्रेट बनाने में सहायता मिलती है। रंगहीन कणिका, रंगहीन प्लैस्टिड है। इससे स्टार्च जमा होने में मदद मिलती है। रंगकणक नाना रंग के होते हैं और इनमें फल तथा फूलों में रंग आने में सहायता मिलती है।

**धानी या रिक्तिका (vacuoles)**—कोशिका द्रव्य में अनेक छोटे-बड़े खाली स्थान पाये जाते हैं। इन्हें धानी या रिक्तिका कहते हैं। प्राणि-कोशिका की तुलना में वनस्पति-कोशिका में रिक्तिकाओं की संख्या अधिक होती है और वे आकार में बड़ी होती हैं। एमीबा जैसे एककोशिका प्राणी में दो प्रकार की धानी होती है : खाद्य धानी—जिसमें खाद्य जमा होता है और संकुचनशील धानी—जो उनके प्रचलन के लिए आवश्यक होती है।

## ऊतक (Tissue)

हम देख चुके हैं कि बहुकोशिक जीवों के शरीर में सभी कोशिकाएँ एक प्रकार का कार्य नहीं करती हैं और उनमें श्रम-विभाजन होता है। बहुकोशिक जीवों के शरीर की कोशिकाएँ अपने-अपने कार्य के अनुसार अलग-अलग समूहों में बँटी हुई होती हैं। एक प्रकार का कार्य करनेवाले सभी समूहों के समस्त कोशिकाओं की उत्पत्ति एक ही स्रोत से होती है और समूह की तमाम कोशिकाएँ एक निश्चित प्रकार का कार्य करती हैं। कोशिकाओं के इस प्रकार के समूह को ऊतक कहते हैं।

वनस्पति शरीर के ऊतकों को मुख्यतः दो वर्गों में बाँटा जा सकता है—**विभाजी ऊतक (meristematic tissue)** तथा **स्थायी ऊतक (permanent tissue)**।

**विभाजी ऊतक**—पौधों की जड़ तथा तने के अग्रभाग और पार्श्व में होते हैं; अर्थात् पौधों के शरीर के उन भागों में विभाजी ऊतक होते हैं जहाँ लंबाई या मोटाई में वृद्धि होती है। कहीं-कहीं स्थायी ऊतकों के समूहों के बीच में भी विभाजी ऊतक होते हैं। विभाजी ऊतक ऐसी कोशिकाओं से बनता है, जो जीवित होती हैं और जिनमें विभाजित होकर संख्या-वृद्धि करने की क्षमता होती है। जीवन के शुरु में सभी पौधों का शरीर विभाजी ऊतक से ही बनता है। शुरु में सभी कोशिकाओं की संरचना लगभग एक-सी होती है। लेकिन जैसे-जैसे कार्य में भिन्नता आती जाती है, वैसे-वैसे वे भिन्न-भिन्न रूप लेकर स्थायी ऊतक बनाती हैं।

ऐसे ऊतक, जिनकी कोशिकाओं की विभाजन-क्षमता का अंत हो गया है और जिन्होंने निश्चित आकार तथा रूप पा लिया है, उन्हें स्थायी ऊतक कहते हैं। स्थायी ऊतक जीवित तथा मृत, दोनों प्रकार की कोशिकाओं से बनते हैं।

उच्च कोटि की वनस्पतियों के शरीर के समस्त ऊतकों को तीन ऊतक तंत्रों (tissue system) में बाँटा जा सकता है। वे हैं—(१) बाह्य ऊतक तंत्र (epidermal tissue system), (२) आधार ऊतक तंत्र (fundamental tissue system) और (३) वाहिनी ऊतक तंत्र (vascular tissue system)।

वाह्य ऊतक तत्र पौधों के शरीर की बाह्य त्वचा (epidermis) या छाल बनाता है। इसका मुख्य काम पौधे के शरीर को बाहरी आघातों आदि से रक्षण प्रदान करना होता है। बाह्य त्वचा पौधे की जड़ से लेकर पत्ती तक समस्त अंगों पर फैली होती है। बाह्य त्वचा में, विशेषकर पत्तियों तथा अन्य हरे भागों में अनेक सूक्ष्म छिद्र होते हैं। इन्हें रन्ध्र (stomata) कहते हैं।

आधार ऊतक तंत्र पौधे के विभिन्न अंगों की बाह्य त्वचा के नीचे होता है और पौधे के शरीर का मुख्य भाग है। इसमें प्रधानतः मृदूतक (parenchyma) ऊतक होते हैं। मृदूतक ऊतक की कोशिका समव्यासीय (isodiametric) होती है और उनकी भित्तियाँ पतली होती हैं। पौधों के सभी कोमल भागों में मृदूतक ऊतक होते हैं। आधार ऊतक तंत्र का मुख्य काम, उपापचयन (metabolism), खाद्य संचयन तथा कुछ हद तक पौधे के शरीर को यांत्रिक अवलंब देना होता है। तना तथा जड़ में, इस तंत्र में, बाह्य त्वचा के अंदर की अंतस्त्वचिका (cortex) होती है। अंतस्त्वचिका के अंदर और तना तथा जड़ के केन्द्र में मध्यपरिचक्र (pericycle), मज्जका (medulla or pith) और मज्जका किरण (medullary rays) होती हैं। केन्द्र के बाहर मध्यपरिचक्र में मज्जका के विस्तार को मज्जका किरण कहते हैं।

वाहिनी ऊतक तंत्र साधारणतः मध्यपरिचक्र के अंदर होता है। इस तंत्र की सहायता से जड़ द्वारा अवशोषित पानी, खनिज लवण आदि का घोल इत्यादि पत्तों तक पहुँचते हैं तथा पत्तों में बने खाद्य पदार्थ पौधों के शरीर के विभिन्न भागों में पहुँचते हैं।

साधारणतः उच्च कोटि के प्राणियों के शरीर में चार प्रकार के मुख्य ऊतक पाये जाते हैं : (१) धारिच्छद ऊतक (epithelial tissue), (२) संयोजी ऊतक (connective tissue), (३) पेशी ऊतक (muscle tissue) और (४) तंत्रिका ऊतक (nerve tissue)।

धारिच्छद ऊतक विभिन्न अंगों की बाहरी तथा भीतरी सतह पर होता है, जो उन अंगों पर आच्छादन का काम करता है। प्राणियों की त्वचा तथा अंतस्त्वचा धारिच्छद ऊतक से बनती हैं। इसका काम शरीर की रक्षा करना होता है। इस ऊतक में कोशिकाएँ एक-दूसरे से सटी हुई होती हैं और



इनके बीच में अंतःकोशिकीय आधार द्रव्य (intercellular matrix) की मात्रा कम या कतई नहीं होती है।

संयोजी ऊतक प्राणि-शरीर के भीतर विभिन्न प्रकार के ऊतको या अंगों को संयोजित करता है। संयोजी ऊतक में कोशिकाओं के बीच अंतः-कोशिकीय आधार द्रव्य अधिक रहने के कारण कोशिकाएँ एक-दूसरे से सटी हुई नहीं होती हैं। अस्थि (bone) तथा उपास्थि (cartilage) परिवर्तित संयोजी ऊतक हैं। रक्त तथा लसीका भी द्रव संयोजी ऊतक हैं। इनका आधार द्रव्य रंगहीन द्रव पदार्थ से बनता है, जिसे प्लाविका (plasma) कहते हैं। इस ऊतक के द्वारा शरीर की अन्य कोशिकाओं को खाद्य तथा आक्सीजन मिलते हैं।

पेशी ऊतक की सभी कोशिकाओं में फैलने तथा संकुचित होने का गुण होता है। इस संकुचनशीलता के गुण के कारण पेशी ऊतक को संकुचनशील ऊतक भी कहते हैं। तंत्रिका तंत्र के निर्देशानुसार इन ऊतकों में प्रसार तथा संकुचन होते हैं। इसमें प्राणि-शरीर के अंगों में गति उत्पन्न होती है।

तंत्रिका ऊतक तंत्रिका कोशिका (nerve cell) तथा तंत्रिका तंतुओं (nerve fibre) से बनते हैं। इनका प्रधान कार्य शरीर के सभी भागों से उद्दीपनों (stimuli) को लेना तथा एक स्थान से दूसरे स्थान या मस्तिष्क तक पहुँचाना और फिर मस्तिष्क से प्रेरणा लेकर उन अंगों को, जिन्हें कुछ करना है, पहुँचाना होता है। मस्तिष्क तथा कशेरुक दंड के भीतर की रीढ़-रज्जु इन ऊतकों से बनती है। पूरे शरीर में इन ऊतकों का जाल-जैसा विद्यमान होता है।

## विकास तथा आनुवंशिकता

( Evolution and heredity )

पृथ्वी पर असंख्य प्रकार के जीव रहते हैं। इनके रूप भिन्न-भिन्न हैं। इनके रहन-सहन में भी भिन्नता होती है। साथ ही इनके अंदर बहुत-सी समानताएँ भी हैं। प्रश्न उठता है—कि ये सब जीव कहाँ से आये हैं? क्या सृष्टि के प्रारंभ से ही वे ऐसे ही थे, जैसे आज हैं? क्या सभी जीवों की सृष्टि एक ही समय में, एक ही साथ हुई? इन प्रश्नों का उत्तर विकासवाद के सिद्धांत (theory of evolution) द्वारा मिलता है।

प्राचीनकाल में लोगो का ख्याल था कि पृथ्वी पर के सभी प्राणियों और वनस्पतियों की सृष्टि एक ही साथ हुई थी और वे हमेशा ऐसे ही थे तथा ऐसे ही रहेंगे। प्रचलित धर्म-विश्वास से इस बात की पुष्टि होती थी। उस युग के महान् दार्शनिक अरस्तू (Aristotle) ने इस पर संदेह प्रकट करते हुए कहा था कि वर्तमान जीव अपने अविकसित पूर्वजों का विकसित रूप हैं। उनसे भी पहले कई भारतीय दार्शनिकों ने जीवों की उत्पत्ति के संबंध में विचार करते हुए प्राचीन विचारधारा का खंडन करने की कोशिश की थी। लेकिन इसके बहुत दिन बाद, पहले फ्रेंच वैज्ञानिक लेमार्क (Lamarck) और फिर डार्विन (Darwin) नाम के अंगरेज वैज्ञानिक ने विकासवाद के सिद्धांत को वैज्ञानिक रूप दिया। अब दुनिया के लगभग सभी प्राणिशास्त्री डार्विन के सिद्धांत को सही मानते हैं।

विकास का अर्थ है—क्रमशः उन्नत होना। जैसे फूल की नन्ही-सी कली धीरे-धीरे प्रस्फुटित होकर एक सुन्दर फूल बन जाती है; उसी प्रकार समस्त जीवों ने, एक अति साधारण रूप से, धीरे-धीरे विकसित होकर आज के रूप को प्राप्त किया है। अति साधारण जीव से क्रमशः उन्नत होकर अपेक्षाकृत जटिल तथा विकसित जीव की उत्पत्ति को विकास (evolution) और इस सिद्धांत को विकासवाद (theory of evolution) कहते हैं।

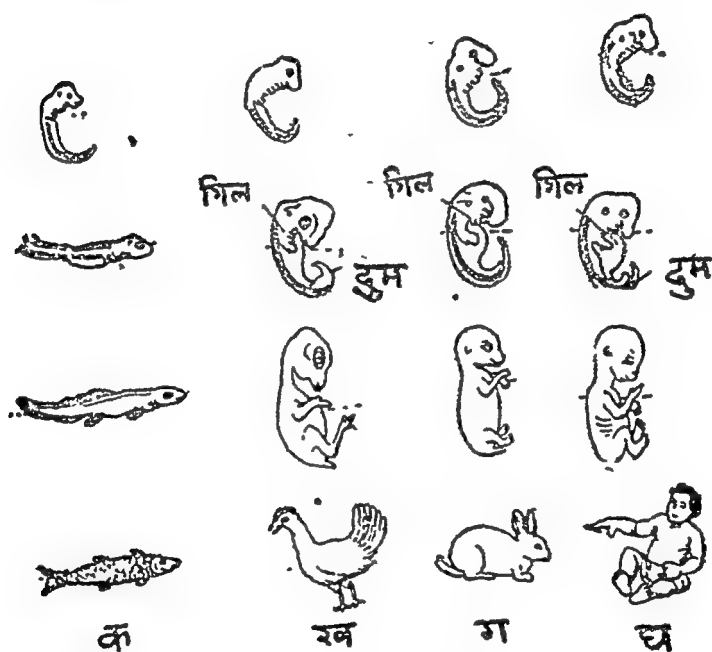
विकासवाद के सिद्धांत के अनुसार भू-पृष्ठ पर जीव की उत्पत्ति एमीवा जैसे एककोशिक जीव के रूप में हुआ था। यह जीव पानी में रहनेवाला था और करोड़ों साल तक पृथ्वी पर इनके एकछत्र साम्राज्य बना रहा। धीरे-धीरे इन एककोशिक जीवों से बहुकोशिक जीव उत्पन्न हुए। समय बीतने के साथ-साथ विभिन्न स्थानों के पर्यावरण (environment) में विभिन्न प्रकार के परिवर्तन होते गए और उसके साथ-साथ विभिन्न प्रकार के बहुकोशिक जीव उत्पन्न हुए। फिर इनसे मछली के रूप में कशेरुकदंडी (vertebrate) प्राणी की उत्पत्ति हुई। इसके बाद मेंढक जैसे उभयचर और फिर रेंगकर जमीन पर चलनेवाले सरीसृप (reptile) घरती पर आए। इनके बाद पक्षी और स्तनधारी प्राणी (mammal) का विकास हुआ। इसी प्रकार एककोशिक जीव से वनस्पति जगत् का भी विकास हुआ।

लेकिन, इस प्रकार से विकसित होने में कितने करोड़ साल लगे हैं यह कहना एक तरह से असंभव है। अनुमान है कि मछली जातीय प्रथम कशेरुकदंडी प्राणी का विकास लगभग चार करोड़ साल पहले हुआ था। इस हिसाब में पृथ्वी पर मनुष्य बहुत ही नया प्राणी है, क्योंकि वर्तमान रूप में मनुष्य का विकास, केवल लगभग एक लाख साल पहले हुआ है। लेकिन विकास का पथ हमेशा एक-सा नहीं रहा। कितने ही प्राणी एक विशेष पर्यावरण में उत्पन्न हुए, लाखों-लाख साल तक वने रहे, पर पर्यावरण में परिवर्तन के साथ अपने को उपयुक्त न बना सकने के कारण फिर लुप्त हो गए। पृथ्वी पर करोड़ों-करोड़ साल के इतिहास में ऐसे कितने जीव विकसित हुए और फिर लुप्त हो गए, यह कहना असंभव है।

प्रश्न उठ सकता है कि विकास जब इतना धीरे-धीरे होता है तब यह कैसे कहा जा सकता है कि जीवों की उत्पत्ति उनसे सरलतर जीवों से हुई है। यह सही है कि विकास का प्रत्यक्ष प्रमाण उपस्थित करना संभव नहीं है। लेकिन, इस संबंध में अप्रत्यक्ष प्रमाण इतना नुदृढ़ है कि अब विकासवाद के सिद्धांत पर कुछ भी सदेह नहीं रह गया है।

विकासवाद का एक बहुत मजबूत प्रमाण भ्रूण-विज्ञान (embryology) के अध्ययन से मिलता है। विभिन्न प्राणियों के भ्रूण के विकास को देखने से पता लगता है कि भ्रूण पूर्ण रूप पाने के पहले उन समस्त रूपों से गुजरता है, जिनसे उसका विकास हुआ है।

प्रत्येक प्राणी अंडाणु के रूप में एककोशिक जीवन प्रारंभ करता है, फिर कोशिका-विभाजन के फलस्वरूप बहुकोशिक हो जाता है और एक-एक करके विभिन्न रूपों में परिवर्तन के बाद उस प्राणी का निश्चित रूप ग्रहण करता है। इस प्रकार समस्त कशेरुकदंडी प्राणी के भ्रूण प्रथम अवस्था में देखने में एक-से रहते हैं। मनुष्य, खरगोश, मुर्गी, मछली आदि सभी के भ्रूण प्रारंभ में लगभग एक-जैसे होते हैं। इनमें मछली को छोड़कर और किसी को श्वसन के लिए गिल (gill) की आवश्यकता नहीं रहती। फिर भी



[ चित्र १५१—विभिन्न प्राणियों का भ्रूण : क—मछली, ख—पक्षी, ग—खरगोश, घ—मनुष्य ]

सभी कशेरुकदंडी प्राणियों के भ्रूण में किसी-न-किसी अवस्था में गिल अवश्य ही रहता है। ज्यों-ज्यों भ्रूण बढ़ता है, त्यों-त्यों विभिन्न प्राणियों के भ्रूणों में अंतर बढ़ता जाता है और अंत में वे अपने-अपने निश्चित रूप लेते हैं। इन बातों से यह प्रमाणित होता है कि ये सब प्राणी एक ही पूर्वज से विकसित हुए हैं।

धरती के अंदर पाये जानेवाले, जीवाश्म ( fossil ) से भी विकासवाद के सिद्धांत की पुष्टि होती है। हमारी धरती माता की गोद में युग-युग का इतिहास छिपा हुआ है। इसकी छाती पर कालांतर से शिलाओं की चट्टानें एक के ऊपर एक जमती आ रही हैं और इन चट्टानों में कितने ही जीव दब कर रह जाते हैं। इनमें कुछ अपनी प्रस्तर-समाधि में लाखों-लाख साल तक सुरक्षित रहकर अंत में प्रस्तरभूत होकर जीवाश्म बन जाते हैं। कहीं-कहीं चट्टानों में उनके शरीर के चिह्न भी बन जाते हैं। चट्टानों के बनने का समय जानने का उपाय वैज्ञानिकों ने निकाल लिया है। इसलिए जिस चट्टान पर जीवाश्म या जीव-शरीर की छाप निकल आती है, उसको देखकर यह जाना जा सकता है कि वह जीव किस समय का है। देखा गया है कि चट्टान जितनी पुरानी है, उसपर मिलनेवाले जीवाश्म या जीव-शरीर की छाप उतने ही सरलतर जीव की है। जीवाश्म के आधार पर मनुष्य के विकास का भी प्रमाण मिल गया है। इसके आधार पर यह निश्चित तौर पर कहा जा सकता है कि यद्यपि यह सही नहीं है कि वंदर मनुष्य का पूर्वपुरुष है, लेकिन यह सही है कि वंदर और मनुष्य के पूर्वपुरुष एक ही थे। साथ ही जीवाश्मों से यह भी मालूम हो गया है कि गुफाओं में रहनेवाले, समस्त शरीर में केशयुक्त मनुष्य ने कैसे-कैसे विकसित होकर आज के मनुष्य का रूप पाया है।

प्राणियों में समजात अंग ( homologous organ ), अवशेषी अक्रिय अंग आदि की उपस्थिति भी विकासवाद के सिद्धांत को प्रमाणित करती है। विभिन्न प्रकार के काम करने पर भी प्राणियों के कुछ अंगों, जैसे मनुष्य के हाथों, चिड़ियों के डैनों, चीपायों के अगले पैरों, ह्वेल मछली के सुफने आदि की हड्डियों, तंत्रिकाओं, पेशियों आदि की संरचना लगभग एक-सी है। ऐसे अंगों को 'समजात अंग' कहते हैं। इससे यह मालूम हो जाता है कि एक समय इन सब के पूर्वज एक ही थे। इसी प्रकार, अवशेषी अक्रिय अंग, जैसे मनुष्य में वर्मीफार्म एपेंडिक्स ( vermiform appendix ), पुच्छास्थि ( coccyx ) आदि की उपस्थिति से यह प्रमाणित हो जाता है कि मनुष्य तथा जिन जीवों में ये अंग मौजूद हैं, सभी किसी ऐसे पूर्वपुरुष से आते हैं, जिसमें ये अंग बड़े और सक्रिय थे।

### डारविन का सिद्धांत

सन् १८५९ में चार्ल्स डारविन की विश्वविख्यात पुस्तक 'ओरिजिन ऑफ स्पेसिस' (Origin of species) प्रकाशित हुई। इस पुस्तक को लिखने के पहले वे पाँच साल तक, दुनिया के विभिन्न भागों में जीव-जंतु, पेड़-पौधे आदि का अध्ययन करते हुए भ्रमण करते रहे। इन्हीं अध्ययनों के आधार पर उन्होंने अपने विकासवाद के सिद्धांत का प्रतिपादन किया।

उन्होंने दिखाया कि प्रत्येक जीव अत्यधिक संतान उत्पन्न (over production) करते हैं। अगर संतानों में सब या अधिकांश जिंदा रह जायें तो पृथ्वी पर, थोड़े ही समय के अंदर, रहने के लिए स्थान नहीं रहेगा; क्योंकि पृथ्वी पर स्थान सीमित है, भोजन सीमित है और अन्य जीवनोपयोगी सामग्रियाँ भी सीमित हैं। इसलिए यहाँ सीमित संख्यक जीव ही रह सकते हैं। अतः इनके लिए, अर्थात् जीने के लिए, सबको संघर्ष करना पड़ता है। डारविन ने इस संघर्ष को अस्तित्व के लिए संघर्ष (struggle for existence) कहा है। अस्तित्व के लिए इस संघर्ष में वे ही सफल हो सकते हैं, जो या तो दूसरों से अधिक बलशाली या अधिक बुद्धिमान हों। बाकी इस संघर्ष में नष्ट हो जाते हैं। दूसरे शब्दों में, पृथ्वी पर वे ही जीवित रह सकते हैं जो बल-बुद्धि में श्रेष्ठ हों। डारविन ने इसे योग्यता की अतिजीवितता (survival of the fittest) कहा है। इस प्रकार प्राकृतिक नियमों से ही अयोग्य जीव नष्ट हो जाते हैं और योग्यतम जीवित रह जाते हैं। प्रकृति के इस नियम को प्राकृतिक चरण (natural selection) कहते हैं।

डारविन ने दिखाया कि पर्यावरण (environment) में परिवर्तन होता रहता है और जीव उसके अनुसार अपने में परिवर्तन लाने की कोशिश करते रहते हैं। इसमें जो सफल होते हैं, अर्थात् जो जीव अपने शरीर में, पर्यावरण में परिवर्तन के अनुसार, परिवर्तन (variation) लाने में सफल होते हैं, वे बचे रहते हैं और बाकी प्रतिकूल पर्यावरण में मर जाते हैं। इस प्रकार के परिवर्तन में लाखों-लाख साल लग जाते हैं और विभिन्न प्रकार के पर्यावरण में, विभिन्न प्रकार के परिवर्तन से, विभिन्न प्रकार के नये-नये जीवों का विकास होता है।

pollination) किया और संकर (hybrid) पौधा उत्पन्न किया। देखा गया कि पहली पीढ़ी में सभी पौधे लंबे पैदा हुए। लेकिन इन लंबे पौधों के स्वयं परागण से उत्पन्न द्वितीय पीढ़ी में तीन-चौथाई लंबे और एक चौथाई नाटे पौधे पैदा हुए। इन पौधों के स्वयं परागण से तीसरी पीढ़ी में उत्पन्न पौधों में देखा गया कि सभी नाटे पौधों से केवल नाटे पौधे, और एक तिहाई लंबे से केवल लंबे पौधे पैदा हुए अर्थात् ये शुद्ध वंशक्रम में चले गए। लेकिन, दो तिहाई लंबे पौधों ने पहली पीढ़ी के लंबे पौधों की तरह व्यवहार किया अर्थात् तीन चौथाई लंबे और एक चौथाई नाटे पौधे उत्पन्न किए।

इन प्रयोगों के आधार पर मेडेल ने बताया कि पौधों का प्रत्येक लक्षण (character) स्वयं एक स्वतंत्र एकक लक्षण (independent unit character) है। आनुवंशिकता के मामले में प्रत्येक लक्षण स्वतंत्र होता है। नयी पीढ़ी में स्वतंत्र एकक लक्षण की अभिव्यक्ति को एकक लक्षण का निश्चित निर्धारक (determiner) नियंत्रित करता है। बाद में चलकर इस निर्धारक को जीन (gene) कहा गया। लंबापन, नाटापन, लाल फूल, सफेद फूल, आदि प्रत्येक लक्षण के लिए पृथक्-पृथक् जीन उत्तरदायी होता है। जीन माता-पिता से सतान (offspring) में आता है और उसमें पैतृक लक्षणों के लिए उत्तरदायी होता है। जीवों में जीन जोड़ों के रूप में रहता है। दो या अधिक विकल्प लक्षणवाले शुद्ध वंशक्रम के जनकों से उत्पन्न संतान को संकर (hybrid) कहते हैं।

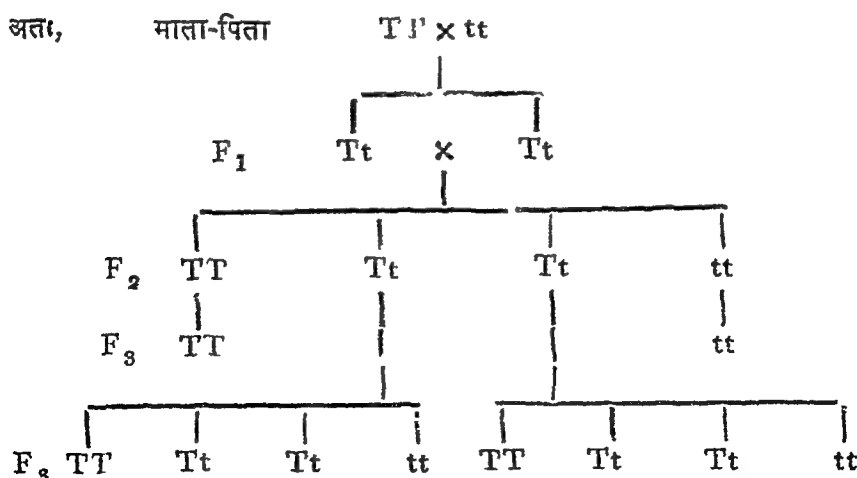
प्रयोग से यह भी देखा गया कि यद्यपि दूसरी पीढ़ी में लंबे और नाटे पौधों का अनुपात ३ : १ था, फिर भी उनमें, बाहर से देखने में एक-से लगने पर भी, केवल एक तिहाई ही शुद्ध लंबे थे; क्योंकि केवल वे ही स्वयं परागण से बाद की पीढ़ियों में लंबे पौधे पैदा कर सके। बाकी दो तिहाई सकर-लंबे थे, क्योंकि बाद की पीढ़ी में स्वयं परागण से उनसे दोनों प्रकार के पौधे उत्पन्न हुए। इसलिए सही अर्थ में दूसरी पीढ़ी में १ : २ : १ के अनुपात में शुद्ध-लंबे, सकर-लंबे तथा शुद्ध नाटे पौधे उत्पन्न हुए।

प्रयोग में देखा गया कि यद्यपि सकरण में दो पृथक् लक्षणों का समावेश हुआ फिर भी प्रथम पीढ़ी में केवल एक ही लक्षण के पौधे उत्पन्न हुए और

फिर उन्हीं एक लक्षणवाले पौधों से बिना संकरण से ही; अर्थात् स्वयं परागण से दोनों लक्षणों के पौधे उत्पन्न हुए। मेडेल ने इससे यह नतीजा निकाला कि एकक लक्षणों में कुछ अधिक प्रभावी और कुछ अपेक्षाकृत कम प्रभावी होते हैं। किसी पीढ़ी में अधिक प्रभावी लक्षण, कम प्रभावी लक्षण को ढक सकता है और उसे प्रकट होने में रोक सकता है। उस पीढ़ी में प्रकट होनेवाले एकक लक्षण को प्रभावी लक्षण (dominant character) और दब जानेवाले एकक लक्षण को अप्रभावी लक्षण (recessive character) कहते हैं। दब जाने पर भी अप्रभावी एकक लक्षण का अंत नहीं हो जाता है और वह उस पीढ़ी के अंदर मौजूद रहता है। अगली पीढ़ी में उसका प्रकट होना इस बात का प्रमाण है।

देखा गया है कि लंबापन नाटपन पर और अन्य रंग सफेद रंग पर प्रभावी होते हैं।

अगर प्रथम पीढ़ी को  $F_1$ , दूसरी पीढ़ी को  $F_2$  और तीसरी पीढ़ी को  $F_3$  तथा लंबेपन के लक्षण को  $T$  और नाटपन के लक्षण को  $t$  कहा जाय तो लंबेजनक में जीन  $TT$  के रूप में और नाटेजनक में  $tt$  के रूप में होंगे।



क्योंकि इस संकरण में  $T$  प्रभावी और  $t$  अप्रभावी लक्षण है; इसलिए पहली पीढ़ी  $F_1$  में  $Tt$  में केवल  $T$  का ही लक्षण अर्थात् लंबापन प्रकट



हुआ।  $F_2$  में २५% में पितामह-मातामही की तरह TT अर्थात् शुद्ध लंबापन और २५% tt अर्थात् शुद्ध नाटापन आया। लेकिन ५०% में अपने पिता-माता की तरह Tt अर्थात् संकरपन आया और उन्होंने वाद की पीढ़ी में उनके जैसे, उसी अनुपात में ( अर्थात् १ : २ : १ ) संतान उत्पन्न किये।

हर बार के प्रयोग में, चाहे उसमें लंबे का नर हो और नाटे की मादा या नाटे का नर और लंबे की मादा हो, नतीजे में कोई अंतर नहीं आता है।

# वनस्पति-विज्ञान

BOTANY



## वनस्पति-जगत् का दिग्दर्शन

वनस्पति केवल प्रकृति की शोभा ही नहीं है बल्कि वह हमारी परम मित्र भी है। जन्म से लेकर मृत्यु तक, हर समय, हर काम में, प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप में हमें उसकी आवश्यकता पड़ती है।

पृथ्वी पर असंख्य प्रकार के पेड़-पौधे होते हैं। इनमें से बहुत-से हमारे लिए लाभदायक तथा कुछ हमारे लिए हानिकारक होते हैं। इनके संबंध में उचित जानकारी पाने के लिए इन्हें पहचानना आवश्यक है। इसलिए वनस्पति-विज्ञान में समस्त वनस्पति-जगत् (plant kingdom) को समानता के आधार पर विभिन्न उपजगतों (sub kingdom), सघों (phylum), उपसंघों (sub phylum), वर्गों (classes), गणों (order), वंशों (genus) तथा जातियों (species) में बांटा जाता है। इसे वर्गीकरण (classification) कहते हैं।

अपने चारों ओर साधारणतया जिन पौधों को हम देखते हैं, उनमें अविकांश में कभी-न-कभी फूल और फल अवश्य ही लगते हैं। लेकिन बहुत-से ऐसे भी पौधे होते हैं जिनमें फूल और फल नहीं लगते हैं। इस हिसाब से वनस्पति-जगत् को दो मुख्य उपजगतों में बांटा जाता है :—फेनीरोगैम (phanerogam) और क्रिप्टोगैम (cryptogam)।

फेनीरोगैम उपजगत् के पौधे उच्चकोटि के होते हैं और इनकी संख्या क्रिप्टोगैम उपजगत् के पौधों की तुलना में बहुत ही अधिक है। फेनीरोगैम उपजगत् के पौधों को दो सघों में बांटा जाता है :—(१) विवृत बीज (gymnosperm), अर्थात् अनावृत बीजवाले पौधे और (२) आवृत बीज (angiosperm) अर्थात् बंद बीजवाले पौधे।

विवृत बीज आमतौर पर शीतप्रधान देशों में या पहाड़ों में पाये जाते हैं। देवदार, चीड़, चिलगोजा, साइकस आदि इस श्रेणी के पौधे हैं। इन

पौधों के बीज पर कोई आवरण न होने के कारण वे बाहर से दिखाई पड़ते हैं। इन पौधों में होनेवाले बीजों की संख्या बहुत अधिक होती है। साधारणतः इनके बीज एक लंबे 'कोन' में लगे रहते हैं। देवदार के 'कोन' देखने में बहुत सुन्दर होते हैं।

आवृत बीज साधारणतः फल के अंदर बंद रहता है। फेनीरोगैम उपजगत् के अधिकांश पौधे आवृत बीजवाले होते हैं। फल के अंदर बंद रहने के कारण इनके बीज बाहर से नहीं दिखाई पड़ते हैं। वनस्पति-जगत् में आवृत बीजवाले पौधे सबसे अधिक उन्नत पौधे हैं।

आवृत बीजवाले पौधों को दो वर्गों में बाँटा जाता है :—एक बीजपत्री (monocotyledon) और द्विबीजपत्री (dicotyledon)।

एक बीजपत्री पौधों के बीज में एक दल होता है। गेहूँ, मकई, धान आदि इस वर्ग के पौधे हैं। इनके बीज एक ही खंड में बने हुए होते हैं। चना, मटर, आम, इमली आदि द्विबीजपत्री पौधे हैं। इनके बीज में दो खंड या दल होते हैं।

क्रिप्टोगैम उपजगत् के पौधे, फेनीरोगैम उपजगत् के पौधों की तुलना में निम्न कोटि के होते हैं। इनमें फूल, फल या बीज नहीं होते हैं। इनका प्रजनन बीजाणु की सहायता से होता है। क्रिप्टोगैम उपजगत् के पौधों को चार सघों में विभाजित किया जा सकता है :—

१. शैवाल (Algae)—यह एक प्रकार की काई जैसी पदार्थ के रूप में दिखाई पड़ता है। आमतौर पर पानी में या बरसात के दिनों में दीवार आदि पर हरे रंग की पतली सतह की तरह इस पौधे के समूह उगते हैं। शैवाल का प्रत्येक पौधा इतना छोटा होता है कि माइक्रोस्कोप यंत्र की सहायता के बिना इन्हें अलग-अलग देख पाना संभव नहीं है।

२. माँस (Moss)—माँस भी गीली भूमि या दीवारों पर हरे रंग की काई जैसी उगती है। असल में यह काई असंख्य छोटे-छोटे पौधों की समष्टि है। शैवाल तथा माँस में पर्णहरिम होता है और इसलिए ये अपने शरीर के अंदर अपना खाद्य बना सकते हैं।

३. कवक (Fungus, pl fungi)—इन्हे साधारणतः फफूंदी भी कहते हैं। ये भी एक तरह के पौधे हैं, जिनमें पर्णहरिम नहीं होता है। इसलिए कवक अपने खाद्य अपने आप नहीं बना सकते हैं और भोजन के लिए उन्हें दूसरों पर निर्भर रहना पड़ता है अर्थात् ये परजीवी होते हैं। इसलिए नम स्थान में रखे हुए चमड़े, सड़े-गले फल, रोटी आदि पर सफेद या रंगहीन परत के रूप में ये उग आते हैं। इनमें कुछ आकार में बड़े भी होते हैं। छत्रक (mushroom), कुकुरमुत्ता आदि बड़ी जाति के कवक हैं।

४. पर्णाग (Fern)—साधारणतः पर्णाग जातीय पौधे छाया में उगते हैं। इनमें अधिकांश की पत्तियाँ देखने में सुन्दर तथा हरे रंग की होती हैं। इनका प्रजनन बीजाणु (spore) की सहायता से होता है। पत्तियों की निचली सतह पर ये बीजाणु पैदा होते हैं।

वनस्पतियों का वर्गीकरण उनकी प्रजनन-विधि तथा शारीरिक रचना के आधार पर भी किया जाता है। इस प्रणाली में भी समस्त वनस्पति-जगत् को दो भागों में बाँटा जाता है :—(१) थैलोफाइटा (thallophyta) और (२) एंब्रायोफाइटा (embryophyta)।

### थैलोफाइटा

थैलोफाइटा उपजगत् के अंतर्गत पौधे अत्यंत निम्नकोटि के होते हैं। इनमें न तो सही माने में जड़ होती है और न तना या पत्ता। इनमें से कुछ तो इतने छोटे होते हैं कि खाली आँखों से दिखाई ही नहीं पड़ते। थैलोफाइटा उपजगत् के बहुत-से पौधे एककोशिक होते हैं। चाहे एककोशिक हो या बहुकोशिक, इस उपजगत् के समस्त पौधों के शरीर की रचना बहुत ही सरल होती है। थैलोफाइटा उपजगत् को केवल एक ही संघ में बाँटा जाता है जिसे थैलोफाइटा ही कहते हैं। इस उपजगत् के पौधों का प्रजनन भ्रूण द्वारा न होकर बीजाणु द्वारा या अपने शरीर को दो भागों में बाँटकर होता है।

थैलोफाइटा संघ के पौधों को दो उपसंघों (sub-phyla) में बाँटा जाता है :—(१) पर्णहरिमयुक्त शैवाल (Algae) और (२) पर्णहरिम हीन कवक (Fungi)।

शेवाल साधारणतः पानी में या नमीयुक्त स्थानों में मिलता है। अधिकांश शेवाल बहुत ही छोटे होते हैं और बिना माइक्रोस्कोप यंत्र के अलग-अलग दिखाई नहीं पड़ते। इनमें पर्णहरिम रहते हुए भी समस्त शेवाल हरे रंग के नहीं होते हैं। रंग के आधार पर इन्हें पाँच वर्गों में बाँटा जाता है :—

(१) सायनोफाइसी (Cynophyceae) या मिक्सोफाइसी (Mixophyceae)—रंग नीलापन के साथ हरा।

(२) क्लोरोफाइसी (Chlorophyceae)—रंग हरा।

(३) बैसिलारिओफाइसी (Bacillariophyceae) या डायटम (Diatom)—रंग हरा। शरीर पर एक आवरण-सा रहता है।

(४) फेइयोफाइसी (Phaeophyceae)—रंग भूरा।

(५) डोडोफाइसी (Rhodophyceae)—रंग लाल।

कवक या फफूँदी में पर्णहरिम न होने के कारण इसका रंग साधारणतः सफेद या रंगहीन होता है। इसी कारण ये अपने खाद्य अपने शरीर के अंदर नहीं बना पाते हैं। इसलिए इन्हें भोजन के लिए दूसरों पर निर्भर रहना पड़ता है। सड़ी-गली वस्तुओं पर, प्राणियों या पौधों के शरीर पर या शरीर के अंदर ये पाये जाते हैं। इन्हें तीन वर्गों में बाँटा जाता है :—

(१) साइजीमाइसीटीस (Schizomycetes) एककोशिक जीव है और इन्हें बैक्टीरिया कहा जाता है। इनमें कुछ तो हमारे लिए हानिकारक तथा कुछ लाभदायक होते हैं।

(२) मिक्सोमाइसीटीस (Mycosomycetes) या स्लाइम मोल्ड (Slime mould) सड़ी गली वस्तु, जैसे पत्ते, लकड़ी आदि पर उगते हैं।

(३) यूमाइसीटीस (Eumycetes) या प्रकृत फफूँदी (true fungi)।

### एम्ब्रायोफाइटा

एम्ब्रायोफाइटा उपजगत् के पौधे उच्च श्रेणी के होते हैं। इनमें जड़, तना, पत्ता आदि होते हैं। इनका प्रजनन भ्रूण की सहायता से होता है। एम्ब्रायोफाइटा उपजगत् के पौधों को दो सघों में बाँटा जाता है :—  
ब्रायोफाइटा (Brayophyta) और ट्रैकियोफाइटा (Tracheophyta)।

ब्रायोफाइटा हरे रंग के होते हैं। इन्हें दो वर्गों में बाँटा जाता है :—  
(१) हीपाटीसी (Hepaticeae) या लीवरवर्ट्स (Liverworts)। इस वर्ग के पौधे जमीन पर रेंगते हुए बढ़ते हैं। (२) मॉस (Moss) दीवार आदि पर काई जैसे जमते हैं। इस जाति के पौधे सीधे खड़े रहते हैं।

ट्रेकियोफाइटा संघ के अंदर छोटे से लेकर बड़े-से-बड़े पौधे आते हैं। इनमें चार उपसंघ होते हैं :—(१) सिलोप्साइडा (Selopsida), (२) स्फिनोप्साइडा (Sphenopsida) या अश्वपुच्छ (Horsetail); (३) लाइकोप्साइडा (Lycopsidea) या क्लब मॉसेस (Club mosses) तथा (४) टेरोप्साइडा (Pteropsida)।

टेरोप्साइडा उपसंघ में पर्णांग तथा समस्त बीजवाले पौधे शामिल हैं। इस उपसंघ के अंदर के पौधों को तीन वर्गों में बाँटा जाता है :—

(१) फिलिपाइनी (Filicinae)—इस वर्ग में पर्णांग या फर्ण जाति के सभी पौधे आते हैं।

(२) जिम्नोस्पर्मि (Gymnospermeae)—इस वर्ग के पौधों के बीज फल के अंदर न होकर बाहर होते हैं। इसलिए इन्हें विवृतबीज पौधे कहते हैं। देवदार, चीड़ आदि इस वर्ग के पौधे हैं। इनके दो उपवर्ग होते हैं :—चौड़े और संयुक्त पत्ते वाले साइकेडालीस (Cycadales) तथा पतले और नुकीले पत्ते वाले कोनीफेरालस (Coniferales)।

(३) एंजीओस्पर्मि (Angiospermae) या आवृतबीज पौधे वनस्पति-जगत् में सबसे उन्नत हैं तथा दृष्टिगोचर पौधों में सबसे अधिक संख्या इसी वर्ग की है। अब तक इस वर्ग के १,६६,००० से भी अधिक का पता लग चुका है। इनमें फूल से फल और फल के अंदर बीज होते हैं। आम, जामुन आदि फलों के पौधों से लेकर धान, गेहूँ, चना, मटर आदि इस वर्ग के पौधे हैं। फल के अंदर दलों की संख्या के अनुसार इस वर्ग के पौधों को तीन उपवर्गों में बाँटा जा सकता है :—

(१) एक बीजपत्री (Monocotyledonous) पौधों के बीज में एक ही दल होता है। धान, गेहूँ आदि इस उपवर्ग के पौधे हैं।



(२) द्विवीजपत्री (Dicotyledonous) उपवर्ग के पौधों के बीज में दो दल होते हैं। आम, चना, मटर आदि के पौधे इस उपवर्ग में आते हैं।

(३) बहुबीजपत्री ( Polycotyledonous ) पौधों के बीज में दो से अधिक दल होते हैं।

इनके अतिरिक्त इस वर्ग के पौधों को और भी अनेक भागों में बाँटा जाता है। साथ ही, वनस्पति-जगत् का भी अन्य उपायों से वर्गीकरण किया जाता है; लेकिन ऊपर दिये गए विभाजन ही वनस्पति-जगत् के मुख्य वर्गीकरण हैं।

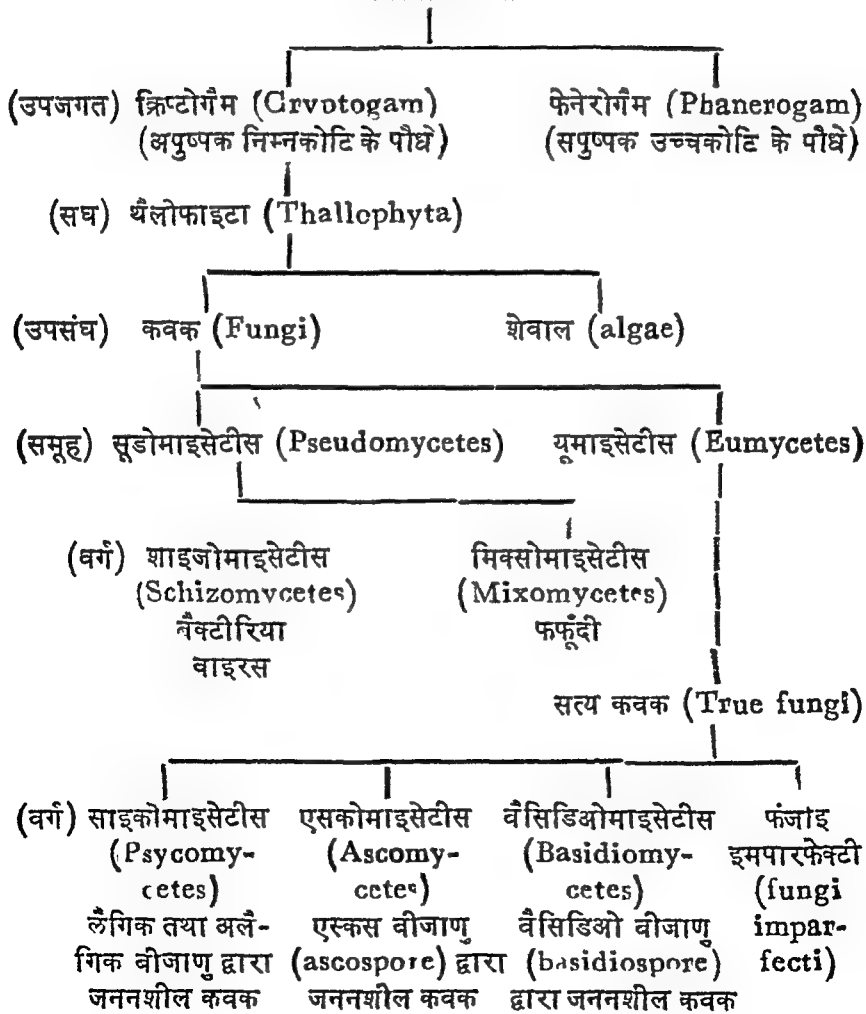


## बैक्टीरिया ( Bacteria )

बैक्टीरिया या जीवाणु, कवक ( Fungi ), फफूंदी ( Mould ) तथा वाइरस ( Virus ) जीव-जगत् के क्षुद्रतम जीव हैं। इनमें कवक तथा फफूंदी से बैक्टीरिया क्षुद्रतर होता है। लेकिन वाइरस इन सबसे बहुत ही अधिक क्षुद्र होता है। इनमें किसी के भी शरीर में पर्णहरिम नहीं होता है।

बैक्टीरिया, वनस्पति-जगत् के क्रिप्टोगैम ( Cryptogam ) उपजगत् के थैलोफाइटा ( Thallophyta ) संघ के कवक ( Fungi ) उपसंघ के सूडोमाइसेटीस ( Pseudomycetes ) समूह ( group ) के शाइजोमाइसेटीस ( Schizomycetes ) वर्ग के जीव हैं। वनस्पति-जगत् में बैक्टीरिया; कवक, फफूंदी तथा वाइरस के स्थान इस प्रकार हैं :—

### वनस्पति-जगत्



बैक्टीरिया का आविष्कार, हालैंड देश के एक शौकिया लेस बनानेवाले, एंटोनी वान ल्यूवेनहाक नाम के व्यक्ति ने, अपने बनाये हुए माइक्रोस्कोप यंत्र की सहायता से, सन् १६८३ में किया था। लेकिन इससे लगभग दो सौ साल बाद फ्रेंच वैज्ञानिक लूई पास्तुर ने, सन् १८७६ में, दुनिया के सामने जीवाणु-विज्ञान की रूपरेखा प्रस्तुत की। उन्होंने दिखाया कि किण्वन (fermentation), क्षय (decay) आदि तथा जलसंज्ञास (hydrophobia) जैसे भयंकर रोग जीवाणुओं के कारण ही होते हैं। प्राणघातक जलसंज्ञास रोग की चिकित्सा के लिए उन्होंने वैक्सोन भी तैयार किया। चिकित्सा-विज्ञान में लूई पास्तुर का आविष्कार एक युगांतरकारी घटना है। ऐटिसैण्टिक शल्य-चिकित्सा के जनक लॉर्ड लिस्टर के अनुसार “सही माने में समस्त दुनिया में कोई ऐसा दूसरा व्यक्ति नहीं है, जिसके प्रति चिकित्सा-विज्ञान पास्तुर से अधिक ऋणी है।” १९वीं सदी के मध्य में कोहन, नाइजेली, जोसेफ लेइडले आदि वैज्ञानिक निश्चय कर सके कि बैक्टीरिया एकाकीशिक व्यवस्थित हैं।

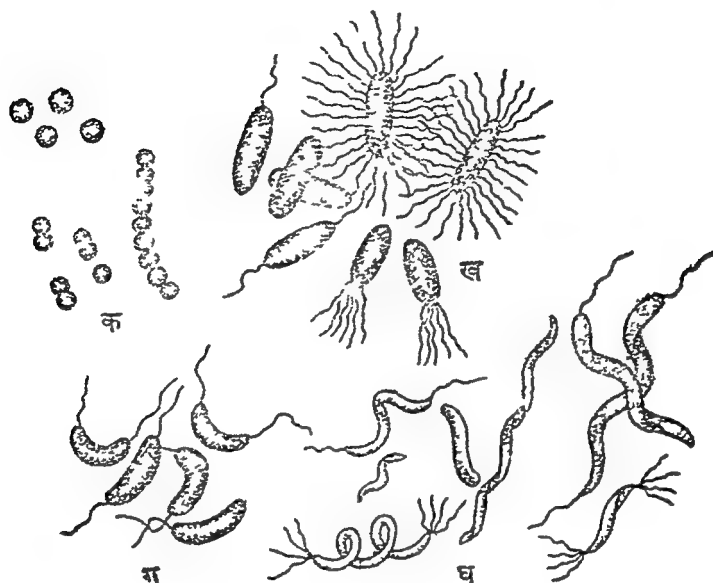
बैक्टीरिया एकाकीशिक जीव हैं जिसकी कोशिका, कोशिका-भित्ति (cell wall) से घिरी हुई होती है। आकार में बैक्टीरिया साधारणतः एक माइक्रॉन या उससे भी, कम लंबा होता है (एक माइक्रॉन  $\frac{1}{1000}$  मि० मि० या लगभग  $\frac{1}{250000}$  इंच होता है)। विभिन्न जाति के बैक्टीरिया की लंबाई में भिन्नता होती है।

बैक्टीरिया नाना प्रकार के होते हैं :—(१) बेलनाकार दंड रूप (cylindrical rods), (२) अल्प विराम चिह्न काँमा (comma) रूप, (३) गोलाकार (spherical), (४) तंतु रूप (filamentous) तथा (५) सर्पिल रूप (spiral)।

बैक्टीरिया में गोलाकार रूप की लंबाई ०.५ माइक्रॉन से १ माइक्रॉन तक और दंड रूप की लंबाई १० माइक्रॉन तक होती है।

बैक्टीरिया में प्रजनन विखंडन (fission) द्वारा होता है। एक बैक्टीरिया दो भागों में विभाजित होकर और फिर आकार में बढ़कर दो बैक्टीरिया बन जाते हैं। पहले परिपक्व कोशिका का मध्य भाग दबने लगता है और अंत में

टूटकर दो टुकड़े होकर दो कोणिकाओं में परिणत हो जाता है। विखंडन की दर बैक्टीरिया की जाति तथा अवस्थान की परिस्थिति पर निर्भर करती है। अनुकूल परिस्थितियों में कुछ बैक्टीरिया एक घंटे के अंदर दो-तीन बार



[ चित्र १५२—विभिन्न आकार के बैक्टीरिया : क—गोलाणु, ख—दंडाणु, ग—वक्रिल दंडाणु, घ—सर्पिल दंडाणु ]

परिपक्व होकर विखंडित हो सकते हैं। घंटे में दो बार विखंडित होने पर एक बैक्टीरिया से १२ घंटे में १,६७,७७,२१६ बैक्टीरिया बन सकते हैं।

रूप तथा आकार की विशेषता के अनुसार बैक्टीरिया को चार भागों में बाँटा जा सकता है :—

१. गोलाणु या कोक्काई (coccus—pl. cocci)—यह गोलाकार होता है। विखंडन तथा पृथक्करण (separation) की विशेषता के अनुसार गोलाणु विभिन्न प्रकार के समूहों में हो सकते हैं :—

(क) जो गोलाणु केवल एक ही अक्ष पर से विखंडित होते हैं और कोशिका भित्ति की संयोज्यता के कारण एक दूसरे से जंजीर की तरह जुड़े हुए होते हैं, उन्हें स्ट्रेप्टो कोक्काई (Streptococci) कहते हैं। गलदाह

(sore throat), टासिल शोथ (tonsillitis) आदि रोग उत्पन्न करनेवाला स्ट्रेप्टोकोक्कास पायोजेनस हेमोलाइटिकस (*Streptococcus pyogenes haemolyticus*) इस जाति का बैक्टीरिया है।

(ख) जो गोलाणु अनियमित रूप से विखंडित होकर अंगूर के गुच्छे जैसे समूह बनाते हैं, उन्हें स्टेफाइलोकोक्काइ (*Staphylococci*) या माइक्रोकोक्काइ (*Micrococci*) कहते हैं। फोड़े, फुंसी, कार्वंकल आदि रोग उत्पन्न करनेवाला स्टेफाइलोकोक्कास ओरेयास (*Staphylococcus aureus*) इस प्रकार का बैक्टीरिया है।

(ग) एक ही अक्ष पर विखंडित होकर जोड़े-जोड़े में रहने की प्रवृत्ति रखनेवाले गोलाणु को डिप्लोकोक्काइ (*Diplococci*) कहते हैं। इस जाति के डिप्लोकोक्कास न्यूमोनियाइ (*Diplococcus pneumoniae*) न्यूमोनिया, ब्रंको न्यूमोनिया आदि रोग उत्पन्न करता है।

(घ) दो स्तरो में परस्पर के साथ समकोण में विखंडित होकर चार-चार के समूहों में रहनेवाले गोलाणु को टेट्राकोक्काइ (*Tetracocci*) कहते हैं। इस जाति के माइक्रोकोक्कास टेट्राजेनस (*Micrococcus tetragenus*) की रोग उत्पन्न करने की क्षमता कम होती है। फिर भी यह श्वास-नली के ऊपरी भाग पर हमला करता है।

(ङ) सरसिना लूटिया (*Sarcina lutea*)—जैसे रोग न उत्पन्न करनेवाला गोलाणु तीन स्तरो में विखंडित होकर घन (cube) जैसे बन जाते हैं। इन्हें सरसिनाइ (*Sarcinae*) कहते हैं।

२. दंडाणु (*bacillus*—pl. *bacilli*)—सीधे या थोड़े-से मुड़े हुए बेलनाकार दंड जैसे होते हैं। अधिकांश क्षेत्रों में इनके दोनों सिरे गोल होते हैं। विभिन्न प्रकार के दंडाणु की लंबाई और व्यास में काफी अंतर होता है। एन्थ्रक्स दंडाणु (*Anthrax bacillus*) के व्यास ०.७ माइक्रान से १.५ माइक्रान तक तथा लंबाई ६ माइक्रान से १२ माइक्रान तक हो सकती है। लेकिन आंत में रहनेवाले विभिन्न प्रकार के दंडाणु के व्यास साधारणतः ०.३ माइक्रान और लंबाई १.२ माइक्रान तक होती है। दंडाणु में कुछ संचल और कुछ अचल होते हैं।

पिछले दिनों में सभी दंडाकार जीवाणुओं को बैसिलस कहा जाता था । लेकिन अब, दंडाकार जीवाणुओं के चरित्र में महान अंतर को ध्यान में रख कर उन्हें भिन्न-भिन्न जातीय (generic) नाम दिए गये हैं ; जैसे—

(क) बैसिलस (*Bacillus*)—उदाहरण : बैसिलस एन्थ्रासिस (*Bacillus anthracis*) जो भेड़-वकरियों में प्लीहा-ज्वर (splenic fever) उत्पन्न करता है ।

(ख) सलमोनेल्ला (*Salmonella*)—उदाहरण : सलमोनेल्ला टाइफोसा (*Salmonella typhosa*) जो टायफाइड (typhoid) ज्वर उत्पन्न करता है ।

(ग) शाइजेल्ला (*Shigella*)—उदाहरण : शाइजेल्ला शिगाइ (*Shigella shigae*) जो पेचिश (bacillary dysentery) उत्पन्न करता है ।

(घ) पास्तुरेल्ला (*Pasteurella*)—उदाहरण : पास्तुरेल्ला पेस्टिस (*Pasteurella pestis*) जो प्लेग रोग उत्पन्न करता है ।

३. विक्रिल दंडाणु (*vibrio*) वेलनाकार काँमा जैसे मुड़ा होता है । इस जाति के सभी वैकटीरिया संचल होते हैं । इसमें विब्रियो कॉलेरी (*Vibrio cholerae*) नाम का जीवाणु हैजा रोग उत्पन्न करता है ।

४. सर्पिल दंडाणु (*spirillum*)—कड़ा, तन्तु जैसा सर्पिल तथा संचल जीवाणु है । इस जाति का स्प्रिलिलम माइनस (*spirillum minus*) नामक एक जीवाणु चूहा काटने से ज्वर उत्पन्न करता है ।

५. तरंगिल दंडाणु (*spirochaetes*)—पतला, लचीला, तंतु जैसा तथा पेंच की तरह मरोड़ा हुआ होता है । यह संचल होता है । इसमें संचलता जीवद्रव्य में संकुचन-प्रसारण या मरोड़ से उत्पन्न होती है । उपदंश (syphilis) रोग का जीवाणु ट्रेपोनेमा पैल्लिडम (*Treponema pallidum*) इस जाति का जीवाणु है ।

वैकटीरिया एककोशिक जीव है । इसकी इसी एक ही कोशिका में समस्त जीवन-क्रिया होती है । वैकटीरिया की कोशिका में वनस्पति अन्तर्गो की कोशिका की तरह कोशिका भित्ति होती है । लेकिन वैकटीरिया की कोशिका

भित्ति में साधारणतः सेलूलोस नहीं होता है। अधिकांश क्षेत्रों में इसकी कोशिका भित्ति प्रोटीन और कार्बोहाइड्रेट से बनती है। कोशिका भित्ति पर एक प्रकार अवपंक (slime) का स्तर दिखाई देता है। कुछ अवस्थाओं में, काफी मात्रा में अवपंक जमा होकर बैक्टीरिया को सम्पुटिका (capsule) का रूप दे देता है। सम्पुटिका-रूप में बैक्टीरिया प्रतिगुल अवस्था का काफी हद तक प्रतिरोध करने में सक्षम होता है। इसलिए रोग उत्पन्न करनेवाले बैक्टीरिया का सम्पुटिका-रूप अत्यंत उपचार-प्रतिरोधी होता है।

### लाभदायक तथा हानिकारक बैक्टीरिया

रूप तथा आकार के अनुसार बैक्टीरिया को विभिन्न जातियों में बाँटने के अलावा, साधारणतः इन्हें तीन भागों में बाँटा जा सकता है :—(१) ऐसे बैक्टीरिया जो मनुष्य को लाभ पहुँचाते हैं, अर्थात् लाभदायक बैक्टीरिया, (२) ऐसे बैक्टीरिया जो मनुष्य को नुकसान पहुँचाते हैं, अर्थात् हानिकारक बैक्टीरिया और (३) ऐसे बैक्टीरिया जो न तो मनुष्य को लाभ ही पहुँचाते हैं और न नुकसान ही।

साधारणतः लोग बैक्टीरिया को अपना शत्रु मानते हैं और अनेक प्रकार के रोगों का जन्मदाता भी। इसमें कोई शक नहीं कि कुछ ऐसे बैक्टीरिया हैं जो नाना प्रकार के रोग उत्पन्न करते हैं तथा अन्य उपायों से जीवजगत् को हानि पहुँचाते हैं। लेकिन बैक्टीरिया की विशाल सन्तति की तुलना में इनकी संख्या अत्यंत नगण्य है। साथ ही इनकी तुलना में लाभदायक बैक्टीरिया की संख्या बहुत ही अधिक है। कहा जा सकता है कि हानिकारक बैक्टीरिया, मनुष्य समाज के उन थोड़े-से लोगों के जैसे हैं, जो चोरी, डकैती, हत्या आदि समाज-विरोधी काम करते हैं।

लाभदायक बैक्टीरिया में सर्वप्रथम उनका स्थान है जो हानिकारक जीवाणुओं से हमारी रक्षा करते हैं। मनुष्य-जीवन के प्रारम्भ से ही, शरीर के विभिन्न अंगों—यथा मुँह, पाचनतन्त्र, श्वसनतन्त्र आदि—के अंदर अनेक प्रकार के बैक्टीरिया स्थायी रूप से रहने लगते हैं। ये बैक्टीरिया इन अंगों को हानिकारक जीवाणुओं के आक्रमण से बचाते हैं। शरीर के अंदर हानिकारक जीवाणु प्रवेश करने से वे प्रतिजैविक पदार्थ (antibiotics) बनाकर उन्हें

नष्ट कर देते हैं। कई प्रकार के जीवाणुओं से उत्पन्न प्रतिजैविक पदार्थ औषधि के रूप में काम आते हैं।

### प्रतिजैविक पदार्थ

जब दो जीवाणु, किसी उपयुक्त माध्यम में बढ़ने लगते हैं, उस समय, कुछ क्षेत्रों में, इनमें से एक दूसरे का प्रतिरोधी बन जाता है। इस क्रिया को प्रतिरोध (antagonism) या प्रतिजीवाणुता (antibiosis) कहते हैं। प्रतिजीवाणुता के लिए उत्पन्न पदार्थ को प्रतिजैविक पदार्थ (antibiotics) कहते हैं।

### पेनिसिलिन (Penicillin)

प्रतिजैविक पदार्थ के रूप में पेनिसिलिन का आविष्कार, चिकित्साशास्त्र के इतिहास में एक युगांतरकारी घटना है। सर्वप्रथम अलेक्जेंडर फ्लेमिंग नाम के एक वैज्ञानिक ने देखा कि एक तस्तरी में, जहाँ ऐगर (agar) के माध्यम में स्टैफाइलोकोकस अरेरस (staphylococcus aureus) का संवर्धन (culture) किया जा रहा था, पेनिसिलिन नोटाटम (P. notatum) नामक एक प्रकार का कवक संक्रमित हो गया है। उन्होंने यह भी देखा कि इस कवक ने अपने चारों ओर का स्टैफाइलोकोकस अरेरस को नष्ट कर दिया है। उन्होंने सन् १९२९, १९३१ और १९३२ में दिखाया कि द्रव माध्यम में यह कवक एक प्रकार का पदार्थ बनाता है जो स्टैफाइलोकोकस की वृद्धि का प्रतिरोधी है। उन्होंने इस पदार्थ को पेनिसिलिन नाम दिया। इसके दस साल बाद फ्लोरी नाम के वैज्ञानिक और उनके सहयोगी-गण ग्रैफ्ट माला में पेनिसिलिन अलग करने में सक्षम हुए ताकि इसे चिकित्सा के काम में लाया जा सके।

### टेट्रासाइक्लिन औषधि (Tetracycline drugs)

अरिओमाइसिन (Aureomycin) जैसी टेट्रासाइक्लिन औषधि, स्ट्रेप्टोमाइसीस अरिओफैसाइनस (streptomyces aureofaciens), से जो सुनहरा पीला रजक (pigment) उत्पन्न करता है, बनती है।

### टेरामाइसिन (Terramycin)

टेरामाइसिन, स्ट्रेप्टोमाइसीस रिमोसास (streptomyces rimosus) नाम के भूमि बैक्टीरिया (soil bacteria) से बनती है।



## क्लोराम्फेनिकोल ( Chloramphenicol )

यह औषधि भी एक भूमि-वैक्टीरिया स्ट्रेप्टोमाइसीस वेनिज़ुएलाइस (streptomyces venezuelae) से बनती है।

कृषि-कार्यों में वैक्टीरिया मनुष्य का बहुत बड़ा और महत्वपूर्ण सहायक है। वायुजीवी, परजीवी और जलीय पौधों को छोड़कर बाकी सभी पौधे मिट्टी में अपने खाद्य के लिए आवश्यक वस्तु स्रष्ट करते हैं। शाकाहारी प्राणी पौधों में और मांसाहारी प्राणी शाकाहारी प्राणियों में अपने पोषक पदार्थ पाते हैं। इस प्रकार लगभग सपूर्ण जीव-जगत् मिट्टी में मिलनेवाले पोषक पदार्थ पर प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप में निर्भर करता है। मिट्टी की उर्वरता उसमें इन पोषक पदार्थों की उपस्थिति पर निर्भरशील है। मिट्टी को उर्वर बनाने के लिए आवश्यक अधिकांश पदार्थ, विभिन्न वैक्टीरिया तथा अन्य अणुजीव (micro-organism) की क्रिया से बनते हैं।

पेड-पौधे, जीव-जंतु आदि के मरने के बाद, उनके शरीर पर बैसिलस सेरेउस (Bacillus cereus), बैसिलस माइकोइडीस (Bacillus mycoides), बैसिलस मेगाथेरियम (Bacillus megatherium) आदि की क्रिया से प्रोटीन निर्मुक्त होता है। प्रोटीन का पहले एमोनीकरण और फिर हरे पौधों के लिए अत्यावश्यक नाइट्रेट के रूप में आवर्तितकरण होता है। बैसिलस सबटिलिस (Bacillus subtilis), बैसिलस सेरेउस आदि अनेक जीवाणु स्टार्च का किण्वन (fermentation) करते हैं और उसे पौधों के अवशोषण-योग्य बनाते हैं। प्राणियों के शरीर में उत्पन्न नाइट्रोजनयुक्त व्यर्थ पदार्थ यूरिया, मल-मूत्र आदि के रूप में उत्सर्जित होता है। इन यूरिया को, सूडोमोनस यूरियाइ (Pseudomonas ureae), सॉरसिना यूरियाइ (Sarcina ureae), माइक्रोकोक्कस यूरियाइ (Micrococcus ureae) आदि यूरिया जीवाणु, पौधों के ग्रहण योग्य बनाने के लिए एमोनीकरण करते हैं। फलों के पेक्टिन (pectin) तथा पॉलीसेकेराइड (polysaccharide) को, बैसिलस मैसेंटेरिकस (Bacillus mesentericus), क्लोस्ट्रीडियम ब्यूटिरिकम (Clostridium butyricum) आदि जीवाणु तोड़कर पौधों के ग्रहण-योग्य शर्करा, जैविक अम्ल, कार्बन-डाइ-आक्साइड तथा हाइड्रोजन में परिवर्तित करते हैं।

कुछ जीवाणु वायु से नाइट्रोजन अलग करके, उसका यौगिकीकरण करते हैं और पौधों के लिए ग्रहण-योग्य बनाते हैं। इस क्रिया को नाइट्रोजन विनिवेशन (nitrogen fixation) कहते हैं। उनमें एज़ोटोबैक्टर (*Azotobacter*) तथा क्लोस्ट्रिडियम (*clostridium*) जाति के जीवाणु स्वतंत्र रूप से भूमि में रहते हैं और वायु से नाइट्रोजन लेकर उसका विनिवेशन करते हैं। लेकिन राइजोबियम लेग्यूमिनोसोरियम (*Rhizobium leguminosorum*) जैसे राइजोबियम जाति के जीवाणु, छीमीदार पौधों की जड़ में, गुटिका के अंदर सहजीवी (symbiotic) के रूप में रहकर नाइट्रोजन विनिवेशन करते हैं। साथ ही गोबर आदि के खाद में परिणत होना, कपोस्ट खाद बनना, पत्ते आदि से ह्यूमस (humus) मिट्टी बनना आदि भी मुख्यतः जीवाणुओं की क्रिया से संभव होता है। बहुत-से जीवाणु, अणुजीव, फफूँदी, कवक आदि तरह-तरह के पदार्थों को तोड़कर या सड़ा-गलाकर या किण्वन आदि करके, घुलनशील बना देते हैं, ताकि पौधे अपनी जड़ की सहायता से उनका अवशोषण कर सकें।

बहुत-से उद्योगों में भी जीवाणु मनुष्य के सहायक होते हैं। विशेषकर खाद्य पदार्थ बनानेवाले उद्योगों में बहुत-सी प्रक्रियाओं में जीवाणु की सहायता की आवश्यकता पड़ती है। जीवाणु की सहायता से किण्वन द्वारा पावरोटी, बिस्कुट आदि के लिए मँदा तैयार किया जाता है। शर्करा के किण्वन से अलकोहल, शराब आदि बनते हैं। ऐसिटोबैक्टेर ऐसिटि (*Acetobacter aceti*) या उसी जाति के अन्य जीवाणु की क्रिया से अलकोहल से सिरका (vinegar) बनता है। कई प्रकार के अचार में जीवाणु की क्रिया से स्वाद तथा गंध उत्पन्न होते हैं। दूध से पनीर तथा दही बैसिलस ऐसिटि लैक्टिस की क्रिया से बनते हैं। मास में स्वाद, सुगंध तथा रंग लाने के लिए भी विभिन्न प्रकार के जीवाणुओं की सहायता ली जाती है। जीवाणु की क्रिया से ही तम्बाकू की पत्तियों में विशेष प्रकार की गंध, चाय की पत्तियों में स्वाद-गंध आदि उत्पन्न होते हैं।

लाभदायक जीवाणु से सख्या में बहुत कम होने पर भी हानिकारक जीवाणु का प्रभाव जीव-जगत् पर बहुत अधिक पड़ता है। ये न केवल रोग उत्पन्न करते हैं, बल्कि चीजों को सड़ा-गलाकर बरबाद करने के साथ-साथ

भोज्य-विषाक्तता (food poisoning) भी उत्पन्न करते हैं। क्लोस्ट्रीडियम बोटुलिनम (Clostridium botulinum) ऐसी भोज्य-विषाक्तता उत्पन्न करता है जिससे श्वसन-तंत्र तथा रक्त-परिवहन-तंत्र में पक्षाघात (paralysis) हो जाने के कारण ६५ फी सदी से भी अधिक मृत्यु हो जाती है। इसके अतिरिक्त बहुत-से रोग उत्पन्नकारी बैक्टीरिया के संबंध में जानकारी पहले ही दी जा चुकी है।

### यीस्ट (Yeast)

खमीर या यीस्ट भी बैक्टीरिया की तरह एककोशिक वनस्पति है। यह वनस्पति-जगत के थैलोफाइटा सघ के कवक उपसघ में पड़ता है। अन्य सभी एककोशिक जीव की तरह यीस्ट की भी एक ही कोशिका में संपूर्ण जीवन-क्रिया होती है। यीस्ट की कोशिका गोलाकार, अंडाकार या लंबी होती है। इसमें कोशिका भित्ति होती है, जिसके अंदर कोशिका द्रव्य रहता है। कोशिका के मध्य भाग में एक केंद्रक होता है। यीस्ट के केंद्रक में एक विशेषता यह है कि उसके अंदर एक बड़ी-सी धानी होती है। कभी-कभी कोशिका के अंदर माइटोकॉण्ड्रिया (mitochondria) भी पाया जाता है।

यीस्ट का प्रजनन विखंडन (fission) या मुकुलकायन (budding or gemmation) द्वारा होता है। विखंडन के समय पहले कोशिका लंबी होने लगती है और उसका केंद्रक दो भागों में बँट जाता है। केंद्रक के दो टुकड़े कोशिका के दो सिरे की ओर चले जाते हैं और फिर कोशिका बीच में से टूटकर दो कोशिकाएँ बन जाती हैं। कुछ जाति के यीस्ट मुकुलकायन द्वारा सख्या-वृद्धि करते हैं। परिपक्व कोशिका अपने शरीर में एक या अधिक उर्ध्व (outgrowth) उत्पन्न करती है। फिर केंद्रक के विभाजित होने पर, उसके एक-एक टुकड़ा प्रत्येक उर्ध्व में पहुँच जाता है। एक हद तक वृद्धि के बाद उर्ध्व कोशिका से अलग हो जाता है और नयी कोशिका बन जाता है। इसे मुकुलकायन कहते हैं। इन दो विधियों से प्रजनन के अलावा कई जाति के यीस्ट लैंगिक विधि से भी प्रजनन करते हैं। इनमें दो कोशिकाएँ पास आकर परस्पर संयुक्त हो जाती हैं और उनके संयुक्त शरीर के अंदर पहले कई केंद्रक और फिर प्रत्येक केंद्रक को केंद्र बनाकर एक-एक नयी कोशिका उत्पन्न हो जाती है।

जिन कार्बनिक पदार्थों में शर्करा की मात्रा अधिक होती है, उनमें यह रंगहीन जीवाणु भी काफी मात्रा में मिलते हैं। अंगूर तथा ताड़-खजूर के रस में यीस्ट की उपस्थिति के कारण ही किण्वन होता है। यीस्ट शर्करा को अलकोहल में परिवर्तित कर देता है। ताड़ या खजूर के रस में यीस्ट की उपस्थिति के कारण ही मादक पेय ताड़ी बनती है। इसी प्रकार अंगूर के रस से नाना प्रकार की शराबें भी यीस्ट के कारण ही बन सकती हैं।

पावरोटी, केक आदि बनाने के लिए भी यीस्ट की आवश्यकता होती है। यीस्ट शर्करा को अलकोहल में परिवर्तित करने के साथ-साथ कार्बन डाइ-आक्साइड गैस भी उत्पन्न करता है। यीस्टयुक्त गुँथे हुए मैदे में कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस ऊपर निकलने लगता है और इस क्रिया से पावरोटी, केक आदि में स्पंजीपन आ जाता है। घर में केक आदि बनाते समय मैदे में सोडा-वाइकार्ब (खाने का सोडा) मिला देने से उसमें से कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस निकलकर केक में स्पंजीपन ला देता है।

### वाइरस (Virus) या विषाणु

दुनिया में जितने जीव हैं वाइरस उनमें सबसे सूक्ष्मतम जीव हैं। इसे साधारण माइक्रोस्कोप यत्न से देखा नहीं जा सकता है। केवल इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप (electron microscope) की सहायता से इसका फोटो उतारा जा सकता है। वाइरस निर्जीव पदार्थ के माध्यम से न तो जीवित ही रह सकता है और न वशवृद्धि ही कर सकता है। यह संपूर्ण रूप से परजीवी है और केवल जीव-कोशिका के अंदर ही जीवित रह सकता है तथा वशवृद्धि कर सकता है। मनुष्य, पशु-पक्षी, पेड़-पौधे यहाँ तक कि जीवाणु आदि पर भी वाइरस का आक्रमण होता है।

किसी जीव के शरीर के अंदर वाइरस की उपस्थिति, उसकी क्रिया द्वारा उत्पन्न प्रभाव से मालूम हो जाता है। अभी तक मनुष्य, अन्य प्राणियों तथा वनस्पतियों में नाना प्रकार के रोग उत्पन्न करनेवाले तीन से अधिक प्रकार के वाइरस का आविष्कार हुआ है।

चेचक (small pox), छोटी माता (chicken pox), पीतज्वर (yellow fever), पोलियो माइलाइटिस (poliomyelitis), खसरा (measles),

कनपेड़ (mumps), इन्फ्ल्यूएंजा (influenza), साधारण जुकाम (common cold), एनकेफेलाइटिस (encephalitis), कैंसर (cancer), ट्रकोमा (trachoma) आदि बीमारियाँ वाइरस द्वारा उत्पन्न होती हैं।

आलू, टमाटर, मूँगफली, तवाकू आदि का चित्ती रोग, मूली वंदगोभी, चुकंदर आदि का कुंचिताग्र (curly top) रोग आदि भी वाइरस द्वारा उत्पन्न होते हैं।

वाइरस जीवजगत् को कोई लाभ नहीं पहुँचाता बल्कि अपनी विषाक्रिया द्वारा नुकसान ही पहुँचाता है। इसलिए इसे विषाणु भी कहते हैं।



## पौधों के विभिन्न अंग

बहुकोशिक जीव के शरीर की कोशिकाओं में कार्य-विभाजन होता है और सबके भिन्न-भिन्न कार्यों को मिलाकर बहुकोशिक जीव की जीव-नक्रिया संपूर्ण होती है। उन्नत जीवों में विभिन्न जीवन-क्रियाओं के लिए अलग-अलग अंग होते हैं। उदाहरण के लिए मनुष्य के शरीर में हाथ, पैर, मुँह, दाँत, कान, आँत, हृदय, फेफड़े आदि अनेक अंग-प्रत्यंग होते हैं। ये अंग-प्रत्यंग विभिन्न प्रकार के कार्य करते हैं और सबके सामूहिक कार्यों को मिलाकर मनुष्य की जीवन-क्रिया चलती रहती है। इसी प्रकार पौधों के शरीर में जड़, तना, पत्ती, फूल आदि अनेक अंग-प्रत्यंग होते हैं और वे विभिन्न प्रकार के काम करते हैं।

साधारणतः पौधे बीज द्वारा वंश-विस्तार करते हैं। बीज के अंदर शिशु-पौधा या पौधे का भ्रूण (embryo) निष्क्रिय पड़ा रहता है। अनुकूल परिस्थिति पाते ही वह सक्रिय हो उठता है और बीज के ऊपर के आवरण को तोड़ कर बीजाकुर या शिशु पौधे (seedling) के रूप में बाहर निकल आता है। इसे अंकुरण (germination) कहते हैं। बीज के अंदर पौधे का भ्रूण तथा उसके लिए खाद्य—दोनों मौजूद होते हैं; क्योंकि सक्रिय होते ही भ्रूण को खाद्य की आवश्यकता पड़ती है और उस समय वह बाहर से खाद्य जुटाने में असमर्थ रहता है। अंकुरण के समय पौधों के सभी अंग विकसित नहीं रहते हैं। अंकुरण के बाद धीरे-धीरे पौधे के शरीर में विभिन्न अंग निकल आते हैं और उनके विकास के साथ-साथ बीज से पूर्ण पौधा बन जाता है।

पौधे के शरीर को दो मुख्य भागों में बाँटा जाता है, वे हैं—(१) जड़ (root) तथा (२) प्ररोह (shoot)।

जड़ साधारणतः प्रकाश से दूर मिट्टी के अंदर चली जाती है और प्ररोह प्रकाश की ओर हवा में फैलता है। अपने स्वभाव के कारण इनके रूप, रंग,

कार्य आदि में भी काफी भिन्नता होती है। प्ररोह का अधिकतर भाग आम-तौर से हरा होता है, लेकिन जड़ साधारणतः हरी नहीं होती है। अधिकांश जड़ सफेद, भूरी, मटमैली या रंगहीन होती है। प्ररोह में कली, पत्ते, फूल, फल, पर्व, गाँठ आदि होते हैं, लेकिन जड़ में ये सब नहीं होते। किसी पौधे की जड़ में अगर कली निकलती है तो उसमें पत्ते या फूल के बजाय नया प्ररोह जन्म लेता है।

### जड़ या मूल (root)

अधिकांश बीजों के अंदर पौधे के भ्रूण, उनके लिए खाद्य तथा एक सूत-जैसी पतली संरचना होती है। इस संरचना के उस सिरे को, जो बढ़कर मिट्टी के नीचे चला जाता है और जड़ बनता है, मूलाकुर (radical) कहते हैं। इस संरचना के दूसरे सिरे को, जो बढ़कर मिट्टी के ऊपर निकल आता है और प्ररोह बनाता है, प्राकुर (columule) कहते हैं। बीज के अंदर भ्रूण का क्रियाशील होकर बढ़ने लगने की क्रिया या अंकुरण के लिए वायु, पानी तथा उचित मात्रा में गर्मी अत्यावश्यक है। इनमें एक की भी कमी होने से ठीक से अंकुरण नहीं हो सकता है।

अंकुरण के समय अधिकांश बीजों के मूलाकुर बढ़कर मिट्टी के अंदर चले जाते हैं और पौधे की पहली जड़ बन जाते हैं। परजीवी, वायवीय और जलज पौधों को छोड़कर लगभग सभी पौधों की जड़ें मिट्टी के अंदर रहती हैं और वही शाखा-प्रशाखाएँ फैलाकर बढ़ती हैं।

उत्पत्ति के हिसाब से जड़ें दो प्रकार की होती हैं :—(१) मूलज जड़ (tap root) तथा (२) आगतिक जड़ (adventitious root)।

#### मूलज जड़

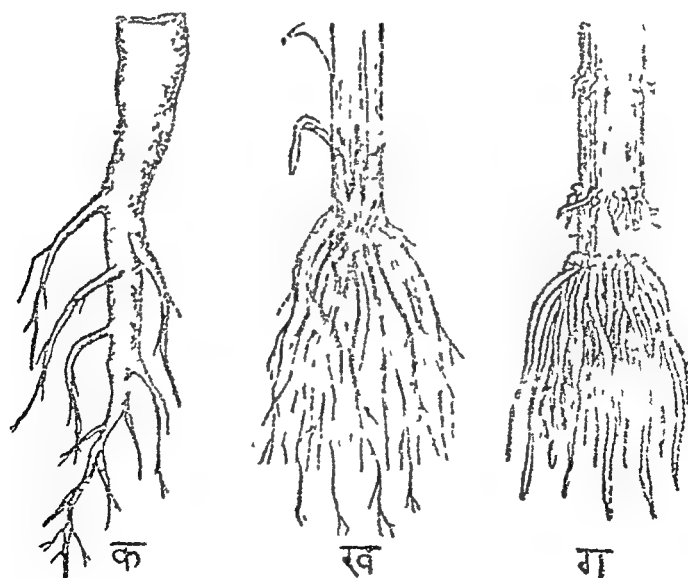
बीज के मूलाकुर बढ़कर पौधों की प्रथम जड़ बनाते हैं। लगभग सभी ऐसे पौधों की, जिनके बीज के अंदर दो दल होते हैं, मूलाकुर से वनी प्रथम जड़, उनके जीवन-काल तक वनी रहती है और मूलतन्त्र की मुख्य जड़ का रूप ले लेती है। इसे मूलज जड़ कहते हैं। इस प्राथमिक मुख्य जड़ से बहुत-सी शाखा-प्रशाखाएँ निकलती हैं। शाखा जड़ों को परवर्ती जड़ (secondary root), तथा उनसे निकली प्रशाखाओं को प्रमूल (tertiary root) कहते हैं। ये सब जड़ें मिलकर, पौधे के नाचे, मिट्टी के अंदर एक जाल-सा

कैला देती हैं, जिसे मूसल मूल तंत्र (tap root system) कहते हैं। चना, मटर, आम, इमली, गाजर, मूनी आदि की जड़ मूसल जड़ है।

### आगंतुक जड़

मूलांकुर से बननेवाली प्राथमिक जड़ से असंवधित जड़ों को आगंतुक जड़ कहते हैं। आगंतुक जड़ केवल मिट्टी के नीचे ही नहीं निकलती, बल्कि कुछ पौधों के अन्य भागों से भी निकलती है।

साधारणतः उन पौधों की, जिनके बीज के अंदर एक ही दल होता है, मूलांकुर से बननेवाली प्राथमिक जड़, कुछ दिनों के बाद सूख जाती है। इसके सूख जाने के पहले ही पौधे के नीचे से या उनकी गाँठों से पतली-पतली बहुत-सी जड़ें निकल आती हैं और जमीन के अंदर फैल जाती हैं। ये आगंतुक जड़ हैं। ऐसी जड़ को तंतुमय जड़ (fibrous roots) भी कहते हैं। धान, गेहूँ, मकई आदि की जड़ आगंतुक जड़ है।



[ चित्र १५३—क—मूसल जड़, ख तथा ग—आगंतुक जड़ ]



## जड़ के कार्य

सभी प्रकार की जड़े मुख्यतः तीन काम करती हैं :—

(१) जमीन के अंदर शाखा-प्रशाखाएँ या तंतुजाल फैलाकर पौधों को मिट्टी से बाँध रखती हैं। मिट्टी के अंदर जड़ के फैलाव के कारण ही पौधे जमीन पर खड़े रह सकते हैं और आधी-तूफान आदि से आसानी से गिरकर नष्ट नहीं होते हैं।

(२) जड़ मिट्टी से पानी के साथ घोल के रूप में विभिन्न प्रकार के पोषक पदार्थों को चूसकर ऊपर भेज देती है, ताकि वह पौधों के शरीर के उचित भागों में पहुँच सके।

(३) सभी पौधों की जड़ में थोड़ा-बहुत खाद्य जमा रहता है, ताकि समय पर काम आ सके।

इन कामों के अतिरिक्त कुछ पौधों की जड़ें और भी बहुत-से काम करती हैं। इन कामों को करने के लिए उनकी आकृति भी परिवर्तित हो जाती है। इस प्रकार परिवर्तित जड़ को रूपांतरित जड़ (modified root) कहते हैं। रूपांतरित जड़ें कई प्रकार की होती हैं, जिनमें निम्नलिखित प्रधान हैं :—

१. संग्रही मूल (storage root) : कई प्रकार के पौधे अपनी जड़ों में अधिक परिणाम में खाद्य जमा करते हैं, जिससे उनकी जड़ें फूलकर नाना प्रकार के आकार ले लेती हैं। मूसल तथा आगंतुक, दोनों प्रकार की जड़ों में इस प्रकार रूपांतरण होता है। आकार के अनुसार रूपांतरित जड़ को भिन्न-भिन्न नाम दिये गए हैं।

(क) तुफंरूप (fusiform) जड़ ऊपर-नीचे पतली और बीच में मोटी होती है। ऊपरी भाग नीचे से मोटा होता है। उदाहरण—मूली।

(ख) शंकुरूप (conical) जड़ का ऊपरी भाग सबसे मोटा होता है और वहाँ से जड़ धीरे-धीरे नीचे की ओर पतली होती जाती है। उदाहरण—गाजर।

(ग) कुम्भीरूप (napiform) जड़ देखने में हंडी-जैसी होती है। इसका ऊपरी भाग काफी मोटा तथा निचला भाग पतला होता है। उदाहरण—शलजम, चुकंदर।

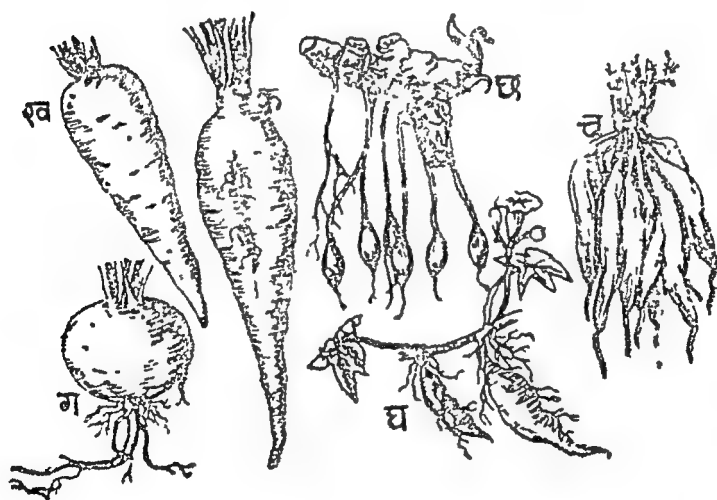
जड़ के ये तीनों रूपांतरण केवल मूसल जड़ की मुख्य जड़ में होता है।

(घ) कंदरूप ( tubercular ) जड़ विभिन्न अनियमित आकारों की होती है और पौधों की अलग-अलग गाँठों से निकलती है। उदाहरण—शकरकंद।

(च) गुच्छ कंदरूप ( fascicular ) जड़ तने के ठीक नीचे ही एक साथ गुच्छे में होती है तथा अनियमित आकार की होती है। उदाहरण—दहलिया फूल की जड़।

(छ) ग्रंथिल ( nodulose ) जड़ में, पतली जड़ के नीचे का अंश फूल कर ग्रंथि जैसा बन जाता है। उदाहरण—आवा हलदी।

ये तीनों आगतुक जड़ के रूपांतरित रूप हैं।



[ चित्र १५४—विभिन्न प्रकार के संग्रही मूल : क—तुर्करूप, ख—शंक्रूप, ग—कुंभीरूप, घ—कंदरूप, च—गुच्छ कंदरूप, छ—ग्रंथिल । ]

२. स्वांगीकारक मूल ( assimilatory roots ) : दूसरे पौधों पर उगनेवाले कुछ पौधों की जड़ें वायु में लटकी हुई रहती हैं और पत्ती-जैसे पौधों के लिए खाना बनाती हैं। इनमें पर्णहरिम होता है तथा इनका रंग हरा होता है। उदाहरण—गुर्ज की जड़।

३. उपरिरोही मूल ( epithytic roots ) : उपरिरोही मूल भी दूसरे पौधों पर उगनेवाले पौधों में होता है और लटकता रहता है। उस प्रकार जड़ में असह्य छोटे-छोटे छिद्र होते हैं, जिनकी सहायता में पौधे वायु से नमी चूमकर पानी की आवश्यकता को पूरा करते हैं। उदाहरण—अर्किड की जड़।

४. परजीवी मूल ( parasitic root or haustarium ) : यह जड़ परजीवी पौधों में होती है। यह पोषक पौधे के शरीर के अंदर घुस जाती है और वहाँ से खाद्य तथा पानी चूमती है। उदाहरण—आकाशवेल की जड़।

५. आरांही मूल ( climbing and clinging roots ) . दूसरों का सहारा लेकर ऊपर चढ़नेवाली वेलों की गाँठों से यह जड़ निकलती है और सहार से चिपक कर वेल को ऊपर चढ़ने में मदद करती है। उदाहरण—आड़वी, पान आदि की गाँठों से निकलनेवाली जड़।

६. स्तंभ मूल ( prop root ) : इस तरह की जड़ पेड़ की गाँठों से निकलकर जमीन तक आ जाती है और गाँठों को स्तंभ-जैसा सहारा देती है। उदाहरण—बरगद की सहारा देने वाली जड़।

७. जटा मूल ( stilt root ) : यह जड़ पौधे के तने में निकलकर जमीन तक पहुँच जाती है और फिर तने को खड़ा रहने में सहायता करती है। उदाहरण—केवड़े की सहारा देनेवाली जड़।

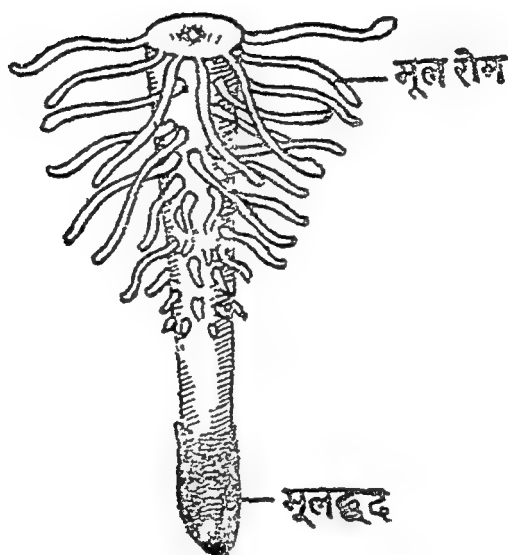
८. तैरता मूल ( floating root ) : पानी में होनेवाले कुछ पौधों की गाँठों से फूली हुई सफेद रंग की एक प्रकार की जड़ निकलती है। यह पौधों को तैरने में तथा श्वसन-क्रिया में सहायता करती है। उदाहरण—जूसिया की जड़।

९. श्वसन मूल ( breathing roots ) : दलदल आदि में होनेवाले कुछ पौधों की साधारण जड़ से निकलकर इस प्रकार की जड़ें, दलदल या पानी से ऊपर निकल आती हैं। इनके ऊपरी सिरे पर छोटे-छोटे छेद होते हैं, जिनसे होकर वायु जड़ तक पहुँच जाती है।

१०. प्रजनन मूल ( reproductive roots ) : कुछ पौधों की जड़ों में कलियाँ निकलती हैं और उनसे नये पौधे जन्म लेते हैं। उदाहरण—परवल, शकरकंद।

## जड़ की रचना

जड़ की रचना उसके कार्य के अनुरूप होती है। जड़ साधारणतः मिट्टी के अंदर प्रकाश से दूर रहती है; इसलिए अधिकांश क्षेत्रों में इसका रंग सफ़ेद या मटमैला या भूरा होता है। इसे मिट्टी के अंदर प्रवेश करना पड़ता है, इसलिए जड़ के अग्रभाग को घर्षण से बचाने के लिए प्रत्येक के अग्रभाग में एक टोपी-जैसा आवरण होता है। इस आवरण को मूलच्छद (root cap) कहते हैं।



[ चित्र सं० १५५—जड़ का अग्रभाग ]

जड़ में असंख्य छोटे और पतले वालो जैसी संरचना होती है। इन्हें मूलरोम (root hair) कहते हैं। मूलरोम का मुख्य काम है मिट्टी के अंदर से पानी के साथ घुले हुए पोषक पदार्थों को घुसना। साथ ही वे पौधे को मिट्टी से जमे हुए रहने में भी सहायता करते हैं। मूलरोम अधिक दिन तक नहीं जीते हैं। जैसे-जैसे जड़ में वृद्धि होती है, वैसे-वैसे ऊपर के मूलरोम सूख कर झड़ जाते और नीचे नये-नये मूल रोम निकल आते हैं।

## तना (Stem)

अंकुरण के समय प्राकुर बढ़कर मिट्टी के ऊपर प्रकाश की ओर फैलता है और प्ररोह (shoot) को जन्म देता है। धीरे-धीरे प्ररोह तना, कलिका,

शाखा-प्रशाखा, पत्ते, फूल आदि पौध के विभिन्न अंग-प्रत्यंगों में बंट जाता है और एक पूर्ण विकसित पौधे का रूप ले लेता है। अधिकांश क्षेत्र में तना शुरू में हरा तथा कोमल होता है और कुछ पौधों में अंततक वंसा ही रह जाता है। लेकिन बहुतों में, वृद्धि के साथ-साथ तना कड़ा होता जाता है और उसके ऊपर भूरे रंग की छाल का मजबूत आवरण जम जाता है।

तना मोटा-पतला, कड़ा-कोमल, शाखायुक्त-शाखाहीन हो सकता है। कुछ पौधों के तने मिट्टी के नीचे भी होते हैं। लेकिन सभी में कुछ विशेष लक्षण होते हैं, जिन्हें देखकर तने को पहचाना जा सकता है। तने में या उससे निकली शाखा-प्रशाखाओं में कलिका, पत्ते, फूल तथा फल लगते हैं। उसपर गाँठ तथा पर्ब अवश्य ही होते हैं।

तने के, एक पत्ते से लेकर दूसरे पत्ते तक के अंश को पर्ब (internode) कहते हैं। तने की जिन जगहों से पत्ते निकलते हैं उन्हें पर्ब-संधि या गाँठ (node) कहते हैं। तने के साथ पत्ते द्वारा बनाये हुए कोण को कक्ष (axil) कहते हैं। पर्ब-संधि पर पत्ते की वगल में एक कोणाकार संरचना निकलती है, जिसे कक्षकली (axillary bud) कहते हैं। कक्षकली बढ़कर शाखा बन जाती है। तने के सिरे पर भी कलिका निकलती है। इसे अग्रकली (terminal bud) कहते हैं। जब तक अग्रकली निकलती रहती है तब तक पौधों में वृद्धि होती रहती है। शाखा-प्रशाखाओं में भी इसी प्रकार, पर्ब, पर्ब-संधि, कक्षकली तथा अग्रकली होती है।

### तने का प्रकार-भेद

साधारणतः तना भूमि के ऊपर वायु में रहता है। ऐसे तने को वायवीय तना (aerial stem) कहते हैं। कुछ पौधों के तने या तनों का एक अंश भूमि के नीचे होता है। ऐसे तने को भूमिगत तना (subterranean stem) कहते हैं।

वायवीय तना दो प्रकार के होते हैं — (१) लशक्त तथा (२) निर्वल। लशक्त तना कड़ा और मजबूत होता है और इसलिए भूमि पर सीधा खड़ा रह सकता है। निर्वल तना कमजोर और कोमल होने के कारण सीधा खड़ा नहीं रह सकता है। इसलिए या तो वह जमीन पर फैलता है या किसी मजबूत सहारे को पकड़कर ऊपर चढ़ता है। दूसरों का सहारा लेकर ऊपर चढ़नेवाले तने को आरोही (climber) तना कहते हैं।

पान-जैसे कुछ पौधों के आरोही तने की गाँठों से एक प्रकार की जड़ निकलती है, जिसके सहारे से चिपककर पौधा ऊपर चढ़ता है। ऐसे तनों को मूलारोही ( root climber ) तना कहते हैं। कुछ पौधों के तनों से सूत-जैसे तंतु ( tendril ) निकलते हैं। इन तंतुओं की सहायता से सहारा पकड़कर पौधा ऊपर चढ़ता है। इन्हें तंतु आरोही ( tendril climber ) कहते हैं। लौकी, कुम्हड़ा आदि इस प्रकार के पौधे हैं। वाउगेनवेलिया या आरोही गुलाब जैसे कुछ पौधे, तूक जैसे टेढ़े काँटों की सहायता से, सहारे को पकड़कर ऊपर चढ़ते हैं। इन्हें कटकारोही ( hook climber ) कहते हैं। मालती जैसे कुछ पौधे अपने तने से ही सहारे को लपेटते हुए ऊपर चढ़ते हैं। इन्हें बेल या बल्ली ( twinner ) कहते हैं।

### रूपान्तरित तना (Modified stem)

आवश्यकता के अनुसार तना कई रूप ले लेता है। कुछ भूमिगत तने अपने में खाद्य जमा करते हैं और फूलकर विभिन्न रूप ले लेते हैं, मुख्यतः ये चार प्रकार के होते हैं :—

(१) कंद तना ( tuber ) मिट्टी के नीचे होता है और देखने में गोल या अंडाकार होता है। भूमिगत तने की शाखा-प्रशाखाओं के अग्रभाग में खाद्य जमा होकर इस प्रकार का रूप ले लेता है। इसपर गाँठ, पर्व आदि चिह्न देखकर इन्हें तने के रूप में पहचाना जा सकता है। उदाहरण—आलू।

(२) प्रकंद तना ( rhizome ) लंबा होता है। इससे बहुत-सी शाखा-प्रशाखाएँ निकलती हैं और उनमें भी खाद्य जमा होने के कारण सभी फूली हुई होती हैं। इनपर गाँठों का चिह्न स्पष्ट दिखाई पड़ता है। उदाहरण—अदरक, हल्दी।

(३) धनकंद तना ( corm ) गोल या लंबा होता है। इनपर भी गाँठ, पर्व आदि साफ दिखाई पड़ते हैं। इनसे शाखाएँ निकलकर नये धनकंद तना बन जाते हैं। उदाहरण—अरबी, जमीकंद।

(४) बल्ब तना ( bulb ) छोटी-सी उब्रतोदर चकती-जैसा होता है। इसके नीचे से आगंतुक जड़ निकलती है और ऊपर एक बड़ी-सी कलिका होती

है। प्याज, बल्ब का एक उदाहरण है। इसमें सबसे नीचे का अपेक्षाकृत कड़ा सफेद अंश, असल में, तना है।

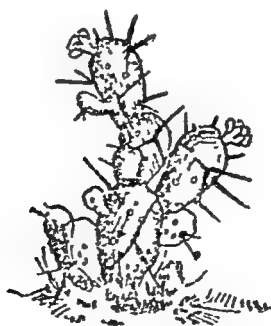


[ चित्र १५६—हृत्पातरित तना : क—आलू, ख—अदरक, ग—प्याज, घ—लंबाई से कटा हुआ प्याज ]

### कायांतरित तना (Metamorphosed stem)

कुछ पौधों का तना इस प्रकार से बदल जाता है कि देखकर पहचानना मुश्किल हो जाता है। इन्हें कायांतरित तना कहते हैं जो मुख्यतः तीन प्रकार के होते हैं :—

(१) पर्णायित तना ( phylloclade ) पत्ता जैसा चिपटा लेकिन गुद्देदार होता है। इसमें पर्णहरिम होने के कारण इसका रंग पत्ता जैसा हरा



[ चित्र १५७—नागफनी ]

होता है और यह पत्तों की तरह खाना भी बनाता है। यह अपने में खाद्य भी जमा करता है और इसलिए गुद्देदार होता है। कुछ पर्णायित तनों में पत्ते

काँटे का रूप ले लेते हैं। जिन जगहों में पानी की कमी होती है, वहाँ इस प्रकार के तने के पौधे अधिक होते हैं। उदाहरण—नागफनी, धीकुमार।

(२) स्तम्भ तंतु ( stem tendril ) एक प्रकार की सूत-जैसी संरचना होती है। इसकी सहायता से पौधे सहारे को पकड़कर ऊपर चढ़ते हैं। साधारणतः स्तम्भ-तंतु शाखा के कायांतरित रूप होते हैं। उदाहरण—लौकी, कुम्हड़ा आदि के आरोही तंतु।

(३) स्तम्भ कंटक ( stem thorn ) काँटा-जैसी संरचना है। किसी-किसी पौधे में कक्षकली शाखा के रूप में विकसित न होकर काँटे के रूप में कायांतरित हो जाती है। इयूरेटा जैसे कुछ पौधों के काँटों में फूल, पत्ते आदि लगते हैं। उदाहरण—आरोही गुलाब के काँटे।

लेकिन, सभी पौधों के काँटे तनों के कायांतरित रूप नहीं हैं। गुलाब के काँटे उनके तने पर उभार मात्र हैं। नागफनी के काँटे पत्तों के कायांतरित रूप हैं।

### तने का कार्य

सभी पौधों का तना कम-से-कम दो काम अवश्य ही करता है। एक तो अपने में शाखा-प्रशाखा, पत्ते, फूल-फल आदि उत्पन्न करता है तथा उन्हें सहारा देता है। दूसरा, जड़ द्वारा शोषित पानी तथा पोषक पदार्थों को पत्तों और पौधों के अन्य भागों में पहुँचा देता है, साथ ही पत्तियों में बने खाद्य को भी तना पौधों के सभी अंगों में पहुँचा देता है। कुछ पौधों के तने पौधों को खड़ा रखते हैं। कुछ पौधों के तने रूपांतरित या कायांतरित होकर और भी नाना प्रकार के काम करते हैं।

### पत्ते

जैसे आदमी को चेहरा देखकर पहचाना जाता है, उसी प्रकार, साधारणतः, पौधों को उनके पत्ते देखकर पहचाना जाता है; क्योंकि विभिन्न प्रकार के पौधों के पत्तों में कुछ-न-कुछ भिन्नता अवश्य ही होती है और उन्हें देखकर पौधों का बोध हो जाता है।



## पत्तों की उपयोगिता

पत्ते, पौधों के बहुधंधी अंग हैं। पेड़-पौधों की शाखा-प्रशाखाओं में चानों ओर पत्ते लगे होते हैं और इस प्रकार फैले होते हैं कि उन्हें अधिक-से-अधिक सूर्य-किरण मिल सकें। अधिकांश पौधों के पत्तों में पर्णहरिम होने के कारण पत्तों का रंग हरा होता है। हरे पत्तों को 'पौधों का रधनशाला' कहा जा सकता है। मिट्टी से पानी और वायु से कार्बन-डाइ-आक्साइड लेकर पौधे, हरे पत्तों में, सूर्य-किरण और पर्णहरिम की सहायता से, अपना खाद्य बनाते हैं। इस क्रिया को प्रकाश-संश्लेषण ( photosynthesis ) कहते हैं। मुख्यतः पत्तों की ही सहायता से पौधों की श्वास-क्रिया भी चलती रहती है। पौधे मिट्टी में प्रचुर मात्रा में पानी ग्रहण करते हैं। जितना पानी पौधे की जीवन क्रिया के लिए आवश्यकता में अधिक हो जाता है, उसे भी वह पत्तों की ही सहायता से त्यागता है। इस क्रिया को वाष्पोत्सर्जन ( transpiration ) कहते हैं। कुछ पौधे अपने पत्तों में खाद्य भी जमा करते हैं।

## पत्तों के विभिन्न भाग

पत्तों को मोटे तौर पर तीन भागों में बांटा जा सकता है - (१) पर्णधार ( leaf base ), (२) पर्णवृन्त ( petiole ) तथा (३) पर्णदल या फलक ( blade )।

पत्ते का जो अंग तने के साथ लगा हुआ होता है, उसे पर्णधार कहते हैं। पर्णधार से पर्णवृन्त निकलता है और पत्ते के अंत तक चला जाता है। पत्ते के चौड़े भाग को पर्णदल या फलक कहते हैं। कुछ पौधों के पत्ते में पर्णवृन्त नहीं होता। ऐसे पत्ते को अवृन्तक ( sessal ) और पर्णवृन्तयुक्त पत्ते को सवृन्तक ( petiolate ) पत्ता कहते हैं।

पत्ते विभिन्न आकार तथा रूप के होते हैं। इनके अंदर शिरा-विन्यास ( venation ) भी विभिन्न प्रकार के होते हैं। अधिकांश पत्तों के मध्य भाग में एक बड़ी शिरा होती है और उससे शाखा-प्रशाखाएँ निकलती हैं, जो पर्णदल के दोनों छोर तक चली जाती हैं। कुछ पत्तों में मध्य शिरा की सख्या एकाधिक होती है।

## पत्र-विन्यास

पौधों में पत्ते इधर-उधर अनियमित ढंग से नहीं लगते हैं। वल्कि प्रत्येक पौधे में पत्ते एक निश्चित क्रम से लगते हैं। सरसो, पीपल आदि की प्रत्येक गाँठ पर एक ही पत्ता लगता है। पत्ता एक दूसरे से विपरीत दिशा में निकलता है। इसे एकांतरित क्रम से पत्र-विन्यास कहते हैं। तुलसी-जैसे बहुत-से पौधों की प्रत्येक गाँठ की दो वगलों में दो पत्ते निकलते हैं। साथ ही, पत्तों का एक जोड़ा, दूसरे जोड़े से विपरीत दिशा में निकलता है। इसे विपरीत क्रम में पत्र-विन्यास कहते हैं। कनेर जैसे कुछ पौधों में एक ही गाँठ पर कई पत्ते निकलते हैं। इसे गुच्छ पत्र-विन्यास कहते हैं।

## विभिन्न प्रकार के पत्ते

पौधों में चार प्रकार के पत्ते लगते हैं। सही माने में पत्ते होते हुए भी इनमें से तीन, साधारण पत्तों से रंग-रूप-गुण आदि में भिन्न होते हैं—

(१) सत्य पत्र (foliage leaf) को ही आमतौर पर पत्ता कहा जाता है। इनका रंग हरा होता है और इन्हीं में ऊपर दी गई विशेषताएँ तथा क्रियाएँ होती हैं।

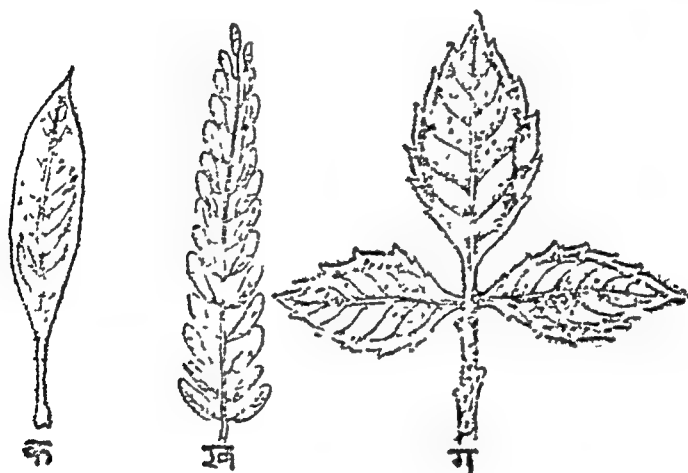
(२) पुष्पपत्र (floral leaves) फूल की रंग-विरंगी पंखुडियों को कहते हैं। ये तथा फूल के निचले भाग में लगी हुई हरे रंग की सरचनाएँ भी असल में पत्ते ही हैं।

(३) बीजपत्रीय पत्र (cotyledonary leaves) अंकुरण के समय ऐसा पत्र कुछ पौधों के प्ररोह के साथ निकलता है। इमली, आम आदि कुछ द्विबीजपत्री पौधों के अंकुरण के समय प्ररोह के साथ दोनों दल बाहर निकल आते हैं और शिष्ट पौधों के प्रथम दो पत्ते बन जाते हैं। इनकी वनावट उस पौधे के सत्यपत्रों से भिन्न होती है।

(४) शल्क पत्र (scale leaves) भूमिगत तने में छोटी-छोटी पत्तियों के रूप में निकलता है। आकार में काफी छोटा होने के अलावा साधारणतः इसका रंग भूरा या भटमैला होता है। प्याज के अंदर रंगहीन और ऊपर खाल रंग के शल्क पत्र होते हैं।

इस प्रकार विभाजन के अतिरिक्त रचना के हिसाब से पत्तों को दो भागों में बाँटा जाता है—एकदल पत्र ( simple leaves ) तथा बहुदल पत्र ( compound leaves ) ।

एकदल पत्र के पर्णवृन्त में केवल एक ही पर्णदल होता है। आम, जामुन आदि के पत्ते इस श्रेणी के हैं। बहुदल पत्र में एक पर्णवृन्त में एकाधिक पर्णदल होते हैं। बहुदल पत्र के पर्णदल को अणुपर्णदल कहते हैं। विभिन्न



[ चित्र १५८—क—एकदल पत्र, ख तथा ग—बहुदल पत्र ]

पौधों के अणुपर्णदल, एक पर्णवृन्त के दोनों ओर विभिन्न स्थानों में सजे हुए रहते हैं। गुलाब, इमली आदि के पत्ते बहुदल पत्र हैं।

### फूल

वनस्पति का सबसे सुन्दर अंग फूल है। जो फूल दिन में खिलते हैं, वे साधारणतः रंग-विरंगे होते हैं और जो रात में खिलते हैं, वे साधारणतः सफेद होते हैं। फूल मनोरंजन के साधन हैं। फूल से लोग घर सजाते हैं। इसका आभूषण शरीर की शोभा बढ़ाता है। फूल से नाना प्रकार के सुगंधित द्रव्य तथा दवाएँ बनती हैं। कई प्रकार के फूलों को लोग खाते भी हैं। फूल पौधों का प्रजनन करनेवाला अंग है जो तने से लगा रहता है। इसके अन्दर जननेन्द्रियाँ भी रहती हैं।

## फूल के विभिन्न भाग

अधिकांश फूलों में चार भाग होते हैं। इन भागों को चक्र कहते हैं। ज्यादातर फूल एक वृन्त या डठल के माध्यम से तना या शाखा-प्रशाखा से जुड़े हुए होते हैं। वृन्त के जिस सिरे पर फूल लगना है वह अपेक्षाकृत मोटा होता है। इसे पुष्पासन ( *thalamus* ) कहते हैं।

(१) बाह्य दलपुंज ( *calyx* )—फूल के प्रथम चक्र को बाह्य दलपुंज कहते हैं। इसे फूल का बहिरावर्ण भी कहा जाता है। यह फूल के बाहर की ओर, सबसे नीचे और पुष्पासन के ऊपर होता है। अधिकांश फूलों में बाह्य दलपुंज हरे रंग की छोटी-छोटी पत्तियों से बनता है। इन पत्तियों को बाह्य दल या आच्छादन पत्र ( *sepals* ) कहते हैं। अधिकांश पौधों के फूल में बाह्य दल अलग-अलग होते हैं और इन्हें पृथग्दली बाह्यदल ( *polysepalous* ) कहते हैं। कुछ फूलों में बाह्य दल परस्पर एक-दूसरे के साथ जुड़े हुए होते हैं। इन्हें युक्तदली बाह्यदल ( *gamosepalous* ) कहते हैं। बाह्य दल कली या नन्ही अवस्था में फूल और फल की रक्षा करता है।

(२) दलपुंज ( *corolla* )—यह फूल का दूसरा चक्र तथा उसका अन्तरावरण है। अधिकांश फूलों में यह चक्र रंगीन पत्रिकाओं से बनता है, जिसे दलपत्र कहते हैं। फूल का यह सबसे सुन्दर अंश है। कुछ फूलों में दलपत्र में मुगधि होती है। अधिकतर फूलों में दलपुंज के दलपत्र अलग-अलग होते हैं। इन्हें पृथग्दली दलपत्र कहते हैं। कुछ फूलों में दलपत्र एक-दूसरे से जुड़े हुए होते हैं। इन्हें युक्तदली दलपत्र कहते हैं।

फूल की शोभा होने के साथ-साथ दलपत्र फूल में परागण की क्रिया में सहायता करता है, फूल के अंदर के जननेद्रियों की रक्षा करता है और जरूरत पड़ने पर अपने में खाद्य जमा करता है।

(३) पुमंग ( *androecium* )—यह फूल का तीसरा चक्र है, जो दलपुंज के अंदर होता है। पुमंग में लंबे-लंबे दंड जैसे पुंकेसर ( *stamens* ) होते हैं। पुंकेसर के सिरे पर पिटारी की तरह छोटे-छोटे कोष होते हैं। इन्हें पराग-कोष ( *anther* ) और पुंकेसर के दंड को पुतंतु ( *filament* ) कहते हैं। पराग-कोष के अंदर पीले रंग का एक चूर्ण होता है, जिसे



पुमंग और स्त्री-अंग, जननेद्रिय होने के कारण, इन्हें फूल का अनिवार्य अंग और बाह्य दलपुंज तथा दलपुंज को सहकारी अंग कहते हैं। जिन फूलों में ये सभी अंग मौजूद होते हैं उन्हें पूर्णांग पुष्प (complete flower) कहते हैं। अधिकांश फूल पूर्णांग पुष्प हैं। लेकिन लौकी, कुम्हड़े, खीरे आदि जैसे कुछ पौधों में दो प्रकार के फूल होते हैं। एक प्रकार के फूल में पुमांग तथा दूसरे में स्त्री-अंग रहता है। प्रथम को पुरुष पुष्प और द्वितीय को स्त्री पुष्प कहते हैं। स्त्री पुष्प में फल लगता है; लेकिन इसके लिए परागण की आवश्यकता होती है। इनमें परागण वायु तथा चीटी, मधुमक्खी, तितली आदि कीट-पतंगों द्वारा होता है। पूर्णांग पुष्प में स्वयं सेचन (self pollination) होता है। वायु, कीट-पतंग आदि भी इनमें परागण में सहायता करते हैं। कीट-पतंग फूल का सुगंध, रंग या मकरंद से आकृष्ट होकर फूल पर जा बैठते हैं और परागण में सहायता करते हैं।

### गुच्छ पुष्प (Composite flower)

कुछ जाति के पौधों में फूल अलग-अलग खिलने के बजाए, एक साथ बहुत-से मिलकर खिलते हैं। देखने में एक मालूम पड़ने पर भी इस जाति के फूल असल में छोटे-छोटे बहुत-से फूलों के समूह हैं। गेंदे, सूर्यमुखी आदि इस प्रकार के फूल हैं। इन्हें गुच्छ पुष्प कहते हैं।

### फल

फल, पौधे का वह अंग है, जो हमारे सबसे अधिक काम में आता है। साथ ही, फल पौधों के वंश-विस्तार का भी साधन है। ससेचन हो जाने के बाद अंडाशय तथा कभी-कभी फूल के अन्य भागों में भी वृद्धि शुरू हो जाती है और फल की रचना होती है। साधारणतः फूल के अन्य सभी भाग मुरझाकर गिर जाते हैं और केवल अंडाशय बड़ा होकर फल बन जाता है। फूल के दूसरे अंग भी जिन फलों की रचना में भाग लेते हैं उन्हें कृत्रिम फल (false fruit) कहते हैं।

प्रत्येक फल के दो मुख्य भाग होते हैं। पहला, फल का बाहरी भाग, जो परिपक्व अंडाशय की दीवार का रूपांतरित रूप है। इसे

फलावरण ( pericarp ) कहा जाता है। दूसरा भाग बीज है, जो बीजाणु से बनता है।

साधारणतः फलावरण के तीन भाग होते हैं —

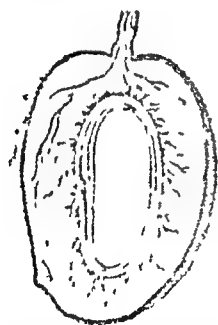
(१) उपरिच्छद ( epicarp ) • यह फल का सबसे बाहरी भाग है। यह साधारणतः पतला और चिकना होता है। साधारण भाषा में इसे छिदवा कहते हैं।

(२) मध्य छद ( mesocarp ) यह फल का मध्य भाग है। यह साधारणतः मोटा तथा गुद्देदार होता है। पानेवाले अधिकांश फलों के इसी अंश को खाया जाता है।

(३) अन्तच्छद ( endocarp ) यह भाग फल के सबसे भीतर होता है। साधारणतः यह कठोर या तिरलीदार होता है और बीज की रक्षा करता है।

फल तीन प्रकार के होते हैं —

१. साधारण फल ( simple fruit ) • जब केवल एक ही फूल में फल बनता है, तब उसे साधारण फल कहा जाता है। साधारण फल दो प्रकार के होते हैं। शुष्क फल और नरस फल। शुष्क फल तैयार हो जाने में उसका फलावरण सूखकर कठोर हो जाता है। गिनिया बादाम, गेहूँ, चना, मटर आदि शुष्क फल हैं। नरस फल गुद्देदार होता है। इसका फलावरण मोटा होता है। नरस फल कई प्रकार के होते हैं —



(क) गुठलीदार ( drupe )—इसके

फलावरण में स्पष्ट तीन भाग होते हैं।

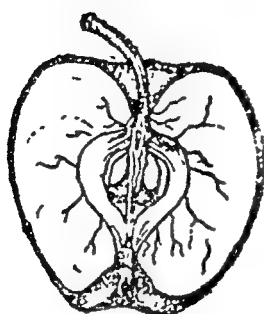
ऊपरीछद पतला, मध्यछद गुद्देदार मोटा

और अंतच्छद कठोर होता है। अंतच्छद

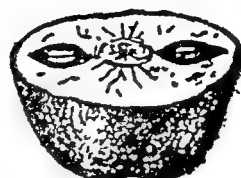
[ चित्र १६०—लुवाई से  
कटा हुआ आम । ]

कठोर होने के कारण इसे स्टोन फ्रुट ( stone fruit ) भी कहते हैं।  
उदाहरण—आम।

(ख) पोम ( pome ) . यह कृत्रिम फल है । इसमें गुद्देदार भाग फूल के पुष्पासन से बनता है । असली फल इसके अंदर होता है ।  
उदाहरण—सेब ।



क

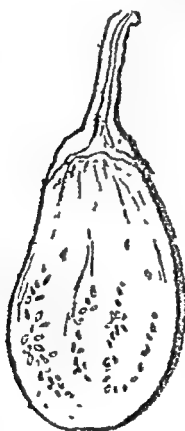


ख

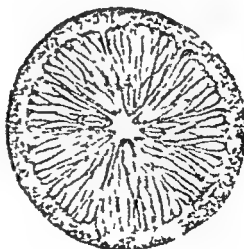
[ चित्र-संख्या १६१—लवाई और बीच से कटा हुआ सेब ]

(ग) बेरी ( berry ) इस फल के फलावरण में तीन भाग तो होते हैं, लेकिन अतच्छद कठोर नहीं होता है । बेरी एक बीज वाला या बहुबीज वाला हो सकता है । उदाहरण—बैंगन, अमरुद ।

(घ) हेसपेरेडियम ( hesperidium ) : यह अनेक बीज वाला फल है । इसमें फलावरण के दो भाग—ऊपरिच्छद और मध्यच्छद—सटे हुए होते हैं ।



क



ख

[ चित्र १६२—क—लवाई में कटा हुआ बैंगन ख—बीज में कटा हुआ नीबू ]  
दोनों को मिलाकर साधारणतः छिलका समझा जाता है । अतच्छद झिल्ली-दार होता है । उदाहरण—नीबू, सतरा, बैंगन ।



(२) समूह फल : समूह फल भी साधारण फल के समान एक फूल से बनता है। किंतु इसके फूल के स्त्री केसर में बहुत-से स्वतंत्र अंडाणु होते हैं और प्रत्येक अंडाणु एक साधारण फल बन जाता है, जिसे लघु फल ( fruitlet ) कहते हैं। एकत्रित लघु फलों के समुदाय से बने हुए फल को समूह फल कहा जाता है। उदाहरण—गरीफा।

(३) संयुक्त फल : संयुक्त फल गुच्छ-पुष्प के गुच्छ से बनता है। यह कृत्रिम फल होता है। उदाहरण—अनन्नास, कटहल।

### फल के कार्य

फल बीज की रक्षा करता है। जब तक बीज पककर तैयार नहीं हो जाता है, तब तक वह साधारणतः फल के अंदर छिपा हुआ रहता है। साथ ही, फल बीज के फैलने में भी मदद करता है।

### बीज का फैलना

वायु, पशु, पक्षी, पानी का बहाव, मनुष्य आदि बीज को दूर-दूर ले जाकर पौधों के वंश-विस्तार में सहायता करते हैं। बीज के उपयुक्त जमीन में गिरने से तथा उपयुक्त मात्रा में पानी, वायु और गर्मी पाने से ही नये पौधे उत्पन्न हो सकते हैं।



## पौधे की जीवन-क्रिया

### पोषाहार

प्रत्येक जीव को, चाहे वह प्राणी हो या वनस्पति, जीवन-क्रिया के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है। ऊर्जा आहार से मिलती है। अंग-प्रत्यंगों या शाखा-प्रशाखाओं को पुष्ट रखने के लिए तथा वृद्धि के लिए भी भोजन की आवश्यकता होती है।

केवल थोड़े-से कीट-भोजी पौधों को छोड़कर और कोई भी पौधा ठोस खाद्य ग्रहण नहीं कर सकता। उन्हें घोल के रूप में खाद्य का शोषण करना पड़ता है। खाद्य-ग्रहण की इस विधि को वनस्पति-सदृश पोषाहार-विधि ( *holophytic mode of nutrition* ) कहते हैं। वनस्पति और प्राणी में पोषाहार-विधि में ही सर्वप्रधान अंतर है। पौधा अपने शरीर के अंदर अकार्बनिक पदार्थ, जैसे कार्बन-डाइ-ऑक्साइड और पानी को कार्बोहाइड्रेट जैसे कार्बनिक पदार्थ में परिवर्तित कर सकता है। प्राणी ऐसा नहीं कर सकता है।

### प्रकाश-संश्लेषण ( *photosynthesis* )

पौधों के शरीर बनाने का मुख्य उपादान, कार्बोहाइड्रेट, प्रोटीन तथा वसा है। ये तीनों कार्बन के यौगिक हैं और इन्हीं से पौधों को ऊर्जा भी मिलती है। कोई भी पौधा बाहर से कोई कार्बनिक पदार्थ खाद्य के रूप में ग्रहण नहीं करता। सभी पौधे अपने शरीर के अंदर ही अपने पोषाहार के लिए कार्बनिक पदार्थ बना लेते हैं। यह काम उनके शरीर के प्रत्येक हरे अंश में होता है; लेकिन पत्तों में यह काम विशेष रूप से होता है। सूर्य के प्रकाश की सहायता से ही यह काम हो सकता है। इसलिए इसे प्रकाश-संश्लेषण कहते हैं। पौधों के हरे भाग की कोशिकाओं में पर्णहरिम ( *chlorophyll* ) नाम के हरे रंग का एक पदार्थ होता है। इसकी उपस्थिति के बिना प्रकाश-संश्लेषण नहीं हो सकता।

पत्तों की सतह पर असंख्य छोटे-छोटे छिद्र होते हैं। ये छिद्र इतने छोटे होते हैं कि इन्हें खाली आँखों से देखा नहीं जा सकता है। इन्हें स्टोमैटा (stomata) कहते हैं। पौधों की शाखाओं में भी छोटे-छोटे छिद्र होते हैं। इन्हें वातरंध्र कहते हैं।

स्टोमैटा तथा वातरंध्रों में से होकर वायु पत्तों आदि में प्रवेश करती है। वहाँ जड़ द्वारा शोषित जल भी तना तथा शाखा-प्रशाखाओं में होकर पहुँच जाता है। वायु में से कार्बन-डाइ-ऑक्साइड उभ पानी में घुल कर पर्णहर्मियुक्त कोशिकाओं में प्रवेश करता है। यहाँ पर पर्णहर्मि तथा प्रकाश की क्रिया से कार्बन-डाइ-ऑक्साइड, कार्बोहाइड्रेट तथा ऑक्सीजन में परिवर्तित हो जाता है। अर्थात् वनस्पतियों में कार्बन-डाइ-ऑक्साइड + पानी, पर्णहर्मि तथा सूर्यकिरण की क्रिया से परिवर्तित होकर, कार्बोहाइड्रेट + ऑक्सीजन हो जाते हैं। इनमें कार्बोहाइड्रेट पौधों के पोषाहार में काम आता है और ऑक्सीजन बाहर निकल जाता है। यह क्रिया सूर्य-किरण की उपस्थिति के बिना नहीं हो सकती है। इसलिए प्रकाश-संश्लेषण केवल दिन में ही हो सकता है।

पौधों में प्रकाश-संश्लेषण न केवल पौधों के पोषाहार के लिए आवश्यक है, बल्कि समस्त जीव-जगत् के लिए यह एक आवश्यक क्रिया है। इस क्रिया से न केवल वायु में ऑक्सीजन तथा कार्बन-डाइ-ऑक्साइड गैसों का सतुलन बना रहता है, बल्कि इससे समस्त प्राणि-जगत् को भोजन भी मिलता है। पौधों से या पौधों को खाकर जीवित रहनेवाले प्राणियों के मांस से मनुष्य तथा अन्य सभी जंतुओं को पोषाहार के लिए कार्बनिक पदार्थ मिलता है। इसलिए हमें पत्तों को 'दुनिया का रसोईघर' कहा जा सकता है।

पौधों के पोषाहार के लिए आवश्यक अन्य अकार्बनिक पदार्थों तथा पानी का पौधे, अपनी जड़ की सहायता से, घोल के रूप में शोषण कर लेते हैं। इस प्रकार अधिकांश पौधे अपना खाद अपने-आप बना लेते हैं और मिट्टी से शोषण कर लेते हैं। इन्हें स्वयंपोषी (autotropic) पौधे कहते हैं। लेकिन कुछ पौधों की पोषाहार-विधि भिन्न होती है, जिनमें परजीवी, कीटभोजी, तथा मृतोपजीवी पौधे आते हैं।

## परजीवी पौधे (Parasitic plants)

इस श्रेणी के कुछ पौधों में पर्णहरिम न रहने के कारण वे अपना खाद्य अपने-आप नहीं बना सकते ; इसलिए उन्हें दूसरे स्वयंपोषी पौधों से अपना खाद्य जुटाना पड़ता है। जिस पौधे से परजीवी पौधे अपना खाद्य ग्रहण करते हैं उसे 'पोषक पौधा' कहा जाता है। परजीवी पौधे अपनी सूक्ष्म जड़ें पोषक पौधे के तनों तथा शाखा-प्रशाखाओं के अंदर प्रवेश करा देते हैं और पोषक द्वारा प्रस्तुत खाद्य का शोषण कर लेते हैं। अमरवेल एक पर्णहरिमहीन परजीवी पौधा है। इसका रंग हलका पीला होता है।

कुछ परजीवी पौधों में पर्णहरिम होता है और वे अपना कार्बनिक खाद्य खुद बना लेते हैं। लेकिन वे अकार्बनिक खाद्य तथा पानी पोषक के शरीर से ग्रहण करते हैं। इन्हें 'आंशिक परजीवी' कहते हैं।

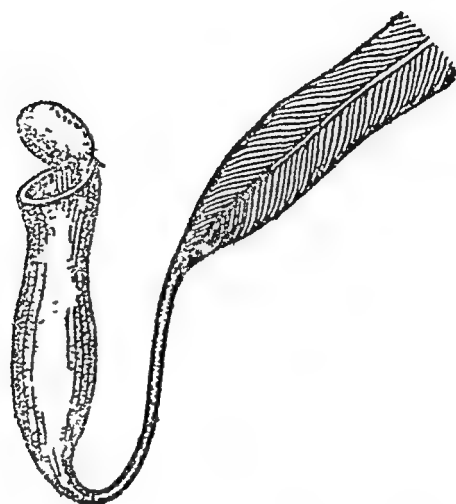
### कीटभोजी पौधे

इन पौधों में पर्णहरिम होता है और वे अपना कार्बनिक खाद्य बना लेते हैं। लेकिन, आमतौर से वे ऐसे स्थानों में उगते हैं, जहाँ मिट्टी से उनके नाइट्रोजन की आवश्यकता पूरी नहीं होती है। इस कमी को पूरा करने के लिए वे कीड़ों को पकड़कर पचा लेते हैं। असम में मिलनेवाला सुराहीवाला पौधा (pitcher plant) या नेपेंथिस (nepenthes), ड्रोसिरा या सनड्यू (drosera or sundew), ब्लैडरवर्ट (bladderwort) आदि कीटभोजी पौधे हैं। ये विभिन्न उपायों से कीड़ों को पकड़ते और पचा जाते हैं।

सुराहीवाला पौधे में पत्ते के अगले भाग कीड़े पकड़ने के लिए एक ढक्कनदार सुराही जैसा बन जाता है। सुराही का किनारा, कीड़ों को आकर्षित करने के लिए, सुन्दर सजा हुआ होता है और उसके तले में पाचक रस मिला हुआ एक अम्लीय द्रव भरा रहता है। सुराही में कीड़ा आ बैठने पर निकल नहीं पाता और नीचे के द्रव में डूबकर मर जाता है। पौधा धीरे-धीरे कीड़े को पचा लेता है।

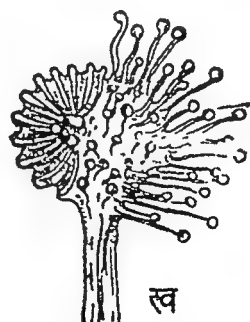
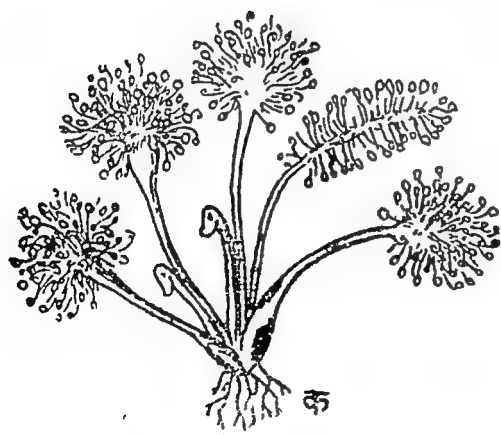
ड्रासिरा के पत्तों पर बहुत-से बाल जैसे सस्पर्शक (tentacles) होते हैं, जिनके सिरे पर एक-एक ग्रंथि होती है। इस ग्रंथि से एक प्रकार का चिपचिपा रस निकलता है। जब कोई कीड़ा इनपर आ बैठता है, उस समय वह इस

रस में चिपक जाता है और साथ ही चारों ओर से सस्पर्शक मुड़कर उसे अंदर बंद कर लेता है। फिर पौधा धीरे-धीरे उसे पचा लेता है। पाचन-



[ चित्र स० १६३—सुराहीवाला पौधे का एक पत्ता ]

क्रिया संपूर्ण हो जाने के बाद पत्ते के संस्पर्शक फिर फैलकर पूर्वोक्त धारण कर लेते हैं।



[ चित्र १६४-क—ड्रासिरा का पौधा, ख—एक पत्ता ]

## मृतोपजीवी पौधे (Saprophytic plants)

इस श्रेणी के पौधो मे पर्णहरिम नही होता । और वे अपने कार्वनिक खाद्य के लिए मृत जीव-जतु, पेड़-पौधे आदि पर निर्भर करते है । छत्रक ( Mushroom ) इसका एक साधारण उदाहरण है ।

## श्वसन ( respiration )

जीवमात्र ही श्वास लेते हैं । पौधा भी जीवित पदार्थ है और जन्म से मृत्यु तक श्वास लेता रहता है ।

प्रत्येक जीवित पदार्थ सर्वदा कुछ-न-कुछ काम करते रहते हैं । देखने मे अक्रिय लगने पर भी पौधो मे भी बहुत-सी क्रियाएँ—रस-शोषण, प्रकाश संश्लेषण, वास्पोत्सर्जन, वृद्धि आदि—चलती रहती है । दूसरे जीवों की तरह पौधो को भी इन क्रियाओ के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है । यह ऊर्जा शरीर के अंदर भोजन को जलाकर ही प्राप्त हो सकती है । इसके लिए आक्सीजन की आवश्यकता पडती है और श्वसन द्वारा आक्सीजन मिल जाता है ।

यह बात सही है कि प्राणियो के समान पौधो मे कोई निश्चित श्वसन अंग नही होता । बल्कि कहा जा सकता है कि पौधो के शरीर की प्रत्येक जीवित कोशिका इस काम को करती है । वायु के साथ आक्सीजन स्टोमैटा तथा वातरंधो में से होकर पौधो के शरीर में प्रवेश करता है और शरीर के अंदर उत्पन्न कार्वन-डाइ-ऑक्साइड इन्ही छिद्रो से बाहर निकल जाता है । इस प्रकार पौधो के सभी अंगो मे श्वसन-कार्य दिन-रात चलता रहता है , लेकिन दिन के समय श्वसन द्वारा उत्पन्न कार्वन-डाइ-ऑक्साइड प्रकाश-संश्लेषण मे काम आ जाता है और बहुत कम मात्रा मे बाहर निकलता है । दिन मे पौधे प्रकाश-संश्लेषण के लिए वायु से भी कार्वन-डाइ-ऑक्साइड लेकर आक्सीजन त्यागते है । इसलिए दिन मे पौधो के आसपास वायु मे अधिक मात्रा मे आक्सीजन मिलता है , लेकिन रात को प्रकाश-संश्लेषण बंद हो जाता है और पौधे श्वसन से कार्वन-डाइ-ऑक्साइड त्यागते है । इसलिए रात मे पौधो के नीचे कार्वन-डाइ-ऑक्साइड की मात्रा अपेक्षाकृत अधिक हो जाती है और रात में पेड़ के नीचे सोना नुकसानदेह होता है ।

श्वसन और प्रकाश-संश्लेषण में अंतर

(१) श्वसन दिन-रात चलता रहता है। इसपर सूर्य-किरण का कोई प्रभाव नहीं होता है। प्रकाश-संश्लेषण केवल दिन में, सूर्य के प्रकाश में ही हो सकता है।

(२) श्वसन पौधों की प्रत्येक जीवित कोशिका में होता है। प्रकाश-संश्लेषण केवल उन कोशिकाओं में हो सकता है, जिनमें पर्णहरिम हो।

(३) श्वसन द्वारा ऊर्जा उत्पन्न होती है। प्रकाश-संश्लेषण द्वारा ऊर्जा-संग्रह होता है।

(४) श्वसन एक नाशकारी क्रिया है। इससे ऊर्जा उत्पन्न होते समय पौधों के शरीर का पदार्थ जलकर नष्ट होता है। प्रकाश-संश्लेषण पोषक क्रिया है। इससे शरीर बनानेवाला पदार्थ बनता है।

(५) श्वसन द्वारा कार्बन-डाइ-ऑक्साइड गैस उत्पन्न होता है। प्रकाश-संश्लेषण द्वारा ऑक्सीजन गैस उत्पन्न होता है। दोनों क्रियाएँ वायुमंडल में ऑक्सीजन तथा कार्बन-डाइ-ऑक्साइड गैसों के सतुलन की रक्षा करने में सहायता करती हैं।

### वाष्पोत्सर्जन ( transpiration )

जीवित रहने के लिए पेड़-पौधों को पानी की आवश्यकता होती है। इस आवश्यकता की पूर्ति के लिए पेड़-पौधों, जड़ की सहायता से मिट्टी से पानी का शोषण करते हैं। साधारणतः पौधे अपनी आवश्यकता से अधिक पानी का शोषण करते हैं। आवश्यकता से अधिक इस पानी को पौधे जलीय वाष्प के रूप में बाहर निकाल देते हैं। इस क्रिया को वाष्पोत्सर्जन कहते हैं। पेड़-पौधों के सभी भागों से स्टोमैटा तथा वातरंध्रों की सहायता से थोड़ा-बहुत वाष्पोत्सर्जन होता है। लेकिन, अधिकतर पौधों में यह काम मुख्यतः पत्तों द्वारा ही होता है और पत्तों के निचले तल से सबसे अधिक होता है।

पानी को किसी जगह खुला छोड़ देने से वह अपने-आप भाप बनकर उड़ने लगता है। पानी का भाप बनना एक सरल प्रक्रिया है और केवल पानी की सतह पर ही होता है। यह एक भौतिक घटना है, लेकिन वाष्पोत्सर्जन

जीवित पदार्थ के अंदर जीवद्रव्य की क्रिया द्वारा संचालित एक जीवन-क्रिया है।

वाष्पोत्सर्जन द्वारा पौधे हवा में जलीय वाष्प त्यागते हैं। इसलिए, यदि हवा में जलीय वाष्प का परिमाण अधिक हो जाता है तो वाष्पोत्सर्जन की क्रिया भी धीमी पड़ जाती है। सूखी हवा वाष्पोत्सर्जन को तेज कर देती है। साथ ही, हवा जितनी तेजी से बहेगी, पौधों द्वारा वाष्पोत्सर्जन-क्रिया भी उतनी ही अधिक होगी। रोगनी भी वाष्पोत्सर्जन को बढ़ाने में सहायक होती है। वाष्पोत्सर्जन पर ऊष्मा का कोई सीधा प्रभाव नहीं पड़ता है। लेकिन, ऊष्मा से वायु सूख जाती है और इसलिए गर्मियों के दिनों में वाष्पोत्सर्जन बढ़ जाता है। जमीन के नीचे पौधों के लिए मिलनेवाले पानी की मात्रा पर भी वाष्पोत्सर्जन का परिमाण निर्भर करता है।

जिन स्थानों में पानी कम मिलता है, वहाँ वाष्पोत्सर्जन खेती, वागवानी आदि के लिए एक समस्या है; क्योंकि साधारणतः इन स्थानों में वायु भी शुष्क होती है, जिसके चलते वाष्पोत्सर्जन भी अधिक होता है। इसलिए इन स्थानों में पौधों को बचाना मुश्किल हो जाता है। इस कारण से मरुभूमि-अंचलों में पौधों के पत्ते काँटों में रूपांतरित हो जाते हैं, ताकि वाष्पोत्सर्जन कम-से-कम हो।

### वाष्पोत्सर्जन की आवश्यकता

(१) वाष्पोत्सर्जन द्वारा पौधा अनावश्यक पानी को बाहर निकाल देता है।

(२) वाष्पोत्सर्जन के चलते जड़ द्वारा अधिक परिमाण में पानी का शोषण होता है और उसके साथ पौधों को अधिकतर परिमाण में खनिज लवण आदि मिल जाता है।

(३) जड़ से रस को ऊपर चढ़ने में वाष्पोत्सर्जन के कारण सहायता मिलती है अर्थात् इस क्रिया से पौधों में खाद्य-परिवहन-कार्य में सहायता मिलती है।

(४) इस क्रिया के कारण अत्यधिक गर्मी में भी पौधों का शरीर शीतल रहता है और जलकर नष्ट नहीं होता। इसके कारण गर्मी के दिनों में पेड़ के नीचे ठंडक रहती है।



वाष्पोत्सर्जन मुख्यतः पत्ते की सतह से होता है। सतह जितनी अधिक फैली होगी, वाष्पोत्सर्जन का परिमाण उतना ही अधिक होगा। इसलिए अधिक धूप या गर्मी होने से सूखी हवा में वाष्पोत्सर्जन कम करने के लिए पौधे अपने पत्तों को सिकोड़ लेता है और उन्हें झुका देता है ताकि उनकी सतह कम हो जाय और वाष्पोत्सर्जन का परिमाण घट जाय।

### उत्सर्जन ( Excretion )

प्रत्येक जीव के शरीर के अंदर, जीवन-क्रिया के फलस्वरूप, कुछ-न-कुछ व्यर्थ पदार्थ अवश्य ही उत्पन्न होता रहता है। प्राणियों की तुलना में, कम क्रियाशील होने के कारण, वनस्पति में इस प्रकार अनावश्यक व्यर्थ पदार्थ कम उत्पन्न होता है। इसलिए वनस्पति में कोई उत्सर्जन अंग नहीं होता।

वनस्पति अपने शरीर में उत्पन्न अनावश्यक पदार्थों को पत्ते तथा छाल में जमा करता है और समय-समय पर उन्हें गिराकर अनावश्यक पदार्थों को शरीर से बाहर निकाल देता है।



## आर्थिक और व्यवहारिक महत्व की वनस्पतियाँ

वनस्पतियाँ मनुष्य का चिर सहचर है। जन्म से लेकर मृत्यु तक शायद ही कोई ऐसा समय आता है, जब हम प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से वनस्पति-जात द्रव्यों से काम न लेते हों। हमारे खाने की अधिकांश वस्तुएँ—भात, दाल, रोटी, तेल, सब्जी आदि—वनस्पतियों से मिलती हैं। हम बैठते हैं तो लकड़ी से बनी कुर्सी आदि पर। सोते हैं तो लकड़ी की खाट पर। आग जलाते हैं तो लकड़ी, लकड़ी के कोयले या लकड़ी की ही उपज—कोयले से। हमारे पहनने-ओढ़ने के कपड़े भी वनस्पतियों की ही देन हैं। सफर करने की गाड़ी, नाव आदि में भी लकड़ी अनिवार्य है। बीमार पड़ने पर वनस्पति-जात दवाएँ हमें स्वस्थ बनाती हैं। हमारे लिखने-पढ़ने के कागज का भी मुख्य उपादान वनस्पति ही है। इस प्रकार मनुष्य के जीवन के हर पहलू के साथ वनस्पति का बहुत ही गाढ़ा संबंध है।

वनस्पतिजात पदार्थों का सर्वप्रधान उपयोग खाद्य के रूप में होता है। खाद्य के रूप में शरीर की विभिन्न आवश्यकताओं को पूरा करने के साथ-साथ वनस्पतियों से हमें शरीर को स्वस्थ रखने के लिए अत्यावश्यक विटामिन भी मिलते हैं। विटामिनों में मुख्य तीन विटामिन—ए, बी और सी—हमें वनस्पतियों से मिलते हैं। टमाटर, गाजर, हरी सब्जियाँ आदि से विटामिन ए ; सेम, सोयाबीन, हरी सब्जी, मूँगफली, दाल आदि से विटामिन बी और हरी सब्जी, टमाटर, गाजर, सलाद की पत्ती, पालक, गोभी, सतरे, नींबू, आंवले आदि से विटामिन सी मिलते हैं।

### खाद्य

#### मौसमी फसल

कुछ पौधे ऐसे होते हैं जो एक बार उगने के बाद बहुत दिन तक ज़िंदा रहते हैं और उनमें बार-बार फूल-फल आदि लगते हैं। आम, कटहल, सखुआ,

शीशम, गुलाब आदि इस श्रेणी के पौधे हैं। इन्हें वर्षानुवर्षी (perennial) पौधे कहते हैं। किंतु बहुत-से पौधे ऐसे होते हैं जो साल के किसी विशेष मास में उगते हैं और थोड़े ही दिनों के अंदर फूल-फल आदि देकर मूख कर मर जाते हैं। ये मौसमी पौधे (seasonal plants) हैं। लगभग सभी खाद्य शस्य, दलहन, तेलहन, शाक-सब्जी, जूट, कपास आदि मौसमी पौधे हैं। इन्हें मौसमी फसल कहते हैं। मौसमी फसल उपजाने की क्रिया को कृषि या खेती कहते हैं।

## कृषि

अधिकतर वनस्पतियाँ जंगली पौधों के रूप में अपने-आप उगती हैं ; लेकिन बहुत-से पौधों को मनुष्य प्रयास करके उपजाते हैं। मुख्यतः फल-फूल, साग-सब्जी, अनाज और अन्य खाने-पीने तथा पहनने की चीजों के लिए पौधे उपजाये जाते हैं। दवा आदि बनाने के लिए, लकड़ी के लिए तथा अन्य व्यापारिक कामों के लिए भी पौधे लगाये जाते हैं।

विभिन्न प्रकार के अनाज, सब्जी आदि उपजाने के लिए कृषि-कार्य किया जाता है। स्टार्चप्रधान अनाज—धान, गेहूँ, मकई आदि की खेती बहुत बड़े पैमाने पर होती है। इन्हें सीरियल (cereal) कहते हैं। छीमीदार पौधे—चना, मटर, सरसो आदि की खेती भी काफी परिमाण में की जाती है।

## धान

धान भारत की सबसे महत्वपूर्ण फसल है और खाद्य-शस्य में इसकी खेती सबसे अधिक होती है। धान, घास-जातीय मौसमी पौधा है। इससे हमें चावल मिलता है। सत्तार के अधिकांश लोग इसे ही अपना मुख्य खाद्य मानते हैं। ग्रीष्मप्रधान देशों में, जहाँ काफी पानी मिलता है, धान की अच्छी फसल होती है, क्योंकि धान की खेती के लिए काफी पानी तथा गर्मी की आवश्यकता होती है। धान लगभग सभी प्रकार की मिट्टी में उपजता है। किंतु इसके लिए चिकनी मिट्टी या बालू-ककड़-मिश्रित चिकनी मिट्टी अच्छी होती है।

धान बहुत प्रकार के होते हैं। रोपने तथा काटने के हिसाब से हमारे देश में धान की फसल को तीन मुख्य भागों में बाँटा जा सकता है :—

(१) भदई या आउस धान—इसे बैशाख-जेठ महीने में बोया जाता और भादो के महीने में काट लिया जाता है। इसमें अपेक्षाकृत कम पानी लगता है। लेकिन इसकी उपज भी कम होती है।

(२) अमन धान—हमारे देश में यह धान की मुख्य फसल है। इसे जेठ-अषाढ में बोया जाता है। अगहन-पूस तक यह पककर तैयार हो जाता है और काट लिया जाता है। अमन धान पहले एक छोटे-से खेत में छोट दिया जाता है। पौधा उगकर ९-१० इंच लंबा हो जाने के बाद, उसे जड़-समेत उखाड़कर, पहले से जोत-कोड़कर तैयार की हुई जमीन में, कई पौधों का एक-एक गुच्छा एक साथ बैठा दिया जाता है। इसे रोपनी (transplantation) कहते हैं। रोपनी के समय खेत में पानी होना अत्यावश्यक है। अमन धान की खेती के लिए काफी पानी की आवश्यकता होती है और इसकी उपज भी अच्छी होती है।

(३) बोरो धान—यह धान भादो के महीने में बोकर कार्तिक महीने में काटा जाता है। कहीं-कहीं इसकी दो फसले होती हैं। दूसरी फसल फागुन-चैत में बोकर बैशाख-जेठ में काट ली जाती है। इसका चावल काफी मोटा होता है। यह धान सब जगह नहीं बोया जाता।

हर प्रकार के धान का जन्म, वृद्धि तथा फलने का क्रम लगभग एक-सा होता है।

धान एकबीजपत्री पौधा है। इसकी जड़ गुच्छेदार होती है। बड़ा होने पर धान के पौधों से बालियाँ निकल आती हैं और उनसे फूल और फिर फूलों से धान फलता है। फसल पक जाने के साथ-साथ धान का पौधा सूख जाता है और उसका हरा रंग सुनहरे-पीले रंग में बदल जाता है।

दाने निकाल लेने के बाद, धान के पौधे से, जिसे खर या पुआल कहते हैं, पशु-खाद्य तथा छप्पर आदि छाने का काम लिया जाता है। इस प्रकार धान के पौधों के सभी अंग हमारे काम में आते हैं। धान की फसल को खरीफ फसल कहा जाता है।

गेहूँ

गेहूँ भी मनुष्य का एक मुख्य खाद्य है। यह भी एक तृण-जातीय पौधा है। इसकी बहुत-सी जातियाँ होती हैं। हमारे देश में पंजाब, उत्तर प्रदेश,

हरियाणा, बिहार आदि राज्यों में बड़े पैमाने पर गेहूँ की खेती होती है। गेहूँ सूखे मौसम में होता है और रब्बी-फसलों में प्रधान है। गेहूँ के लिए धान के बराबर पानी की आवश्यकता नहीं होती। फिर भी, अच्छी फसल के लिए तीन बार पर्याप्त सिंचाई की आवश्यकता पड़ती है। नवम्बर महीने में गेहूँ बोया जाता है और मार्च तक वह पककर तैयार हो जाता है। अप्रैल तक इसे काट लिया जाता है।

जौ, मकई, ज्वार, बाजरे आदि को भी खाद्यान्न के रूप में लगभग सारी दुनिया में उगाया जाता है।

### सरसो

हमारे देश की सर्वप्रधान तेलहन फसल सरसो है। इससे हमें सरसो का तेल मिलता है। यह भी एक रब्बी फसल है और लगभग गेहूँ के साथ ही बोयी तथा काटी जाती है। गेहूँ तथा सरसो के लिए, जलवायु, मिट्टी आदि की आवश्यकता एक ही तरह की होती है।

### मटर

मटर से हमें एक प्रकार की दाल मिलती है। मटर एक छीमीदार पौधा है। इसका बीज द्विवीजपत्री होता है। इसका तना नरम, वेलनाकृति तथा खोखला होता है और अपने-आप खड़ा नहीं रह सकता। मटर भी रब्बी-फसल है। इसके लिए अधिक पानी की आवश्यकता नहीं होती।

मटर के फल को मटरछीमी कहते हैं, जिसके अंदर कई बीज सजे हुए होते हैं। फल पकने के साथ-साथ मटर का पौधा सूखकर मर जाता है।

### चना

चना भी एक छीमीदार पौधा है। छीमीदार पौधों में इसकी खेती सब से अधिक होती है। इसके लिए पानी की आवश्यकता बहुत कम होती है। यह भी रब्बी फसल है। चना हमारे देश में लगभग सभी जगह उपजाया जाता है।

### छीमीदार पौधों की विशेषता

साधारणतः पेड़-पौधे मिट्टी से नाइट्रोजनयुक्त खाद्य ग्रहण करते हैं और उसके चलते मिट्टी में नाइट्रोजनयुक्त पदार्थों की कमी हो जाती है। लेकिन,

छीमीदार पौधों के चलते जमीन में नाइट्रोजन की कमी के वजाए उसमें नाइट्रोजन बढ़ जाता है ।

कारण यह है कि इन पौधों की जड़ में एक प्रकार का बैक्टीरिया रहता है । बैक्टीरिया के रहने के लिए इन पौधों की जड़ में गाँठ होती है । बैक्टीरिया इन गाँठों में रहता है और हवा से नाइट्रोजन लेकर खाद्योपयोगी बनाता है । इससे न केवल पौधों को नाइट्रोजन मिल पाता है बल्कि साथ ही मिट्टी में भी नाइट्रोजन की मात्रा बढ़ जाती है । बदले में पौधों से बैक्टीरिया को कार्बोहाइड्रेट-जातीय पदार्थ मिल जाता है । इस प्रकार से परस्पर आदान-प्रदान को सहजीविता ( symbiosis ) कहते हैं ।

भूमि की ऊर्वराशक्ति की रक्षा करने के लिए अन्य जातीय पौधों के बाद छीमीदार पौधों की फसल उपजानी चाहिए । इससे मिट्टी में नाइट्रोजन की सतुलन-रक्षा होती है और उसकी उर्वरा शक्ति बनी रहती है । इसे फसल-चक्र ( crop rotation ) कहते हैं ।

### साग-सब्जी

हमारे भोजन का महत्वपूर्ण अंग साग-सब्जियाँ भी हैं । इनके अभाव में हमारा खाद्य संपूर्ण नहीं होता और शरीर के लिए आवश्यक समस्त पदार्थ नहीं मिल पाते हैं । साग-सब्जियों से शरीर के लिए अत्यावश्यक विटामिन तथा विभिन्न प्रकार के खनिज लवण मिलते हैं । साग-सब्जियों में बदगोभी, पालक आदि के पत्तों को, टमाटर, बैंगन, लौकी कुम्हड़े, आदि के फल को ; आलू, कच्चू, प्याज आदि के रूपांतरित तने को , फूलगोभी के फूल को तथा मूली, गाजर आदि की रूपांतरित जड़ को हम विभिन्न तरीकों से खाते हैं ।

साग-सब्जियों की खेती मौसम, आबोहवा, मिट्टी की अवस्था तथा पानी की उपलब्धि पर निर्भर करती है । इसी हिसाब से विभिन्न स्थानों में नाना प्रकार की सब्जियाँ उपजाई जाती हैं । धान, गेहूँ आदि फसलों की खेती से सब्जी की खेती में अधिक तथा लगातार परिश्रम करना पड़ता है , साथ ही आर्थिक दृष्टि से इसमें लाभ भी बहुत अधिक है ।

### आलू

केवल हमारे देश में ही नहीं, दुनिया के अधिकांश देशों में आलू एक मुख्य सब्जी है । कुछ देशों में तो आलू, भात-रोटी के स्थान पर मुख्य खाद्य पदार्थ

है। पटना आलू के बीज के लिए विख्यात है। आलू की खेती में बहुत अधिक पानी की आवश्यकता नहीं होती है। बरसात के अंत से लेकर जाड़े तक इसकी दो फसले उगायी जाती हैं।

### घरेलू बगीचा

घरेलू बगीचा घर की शोभा है। इसमें घर के आस-पास की पड़ी हुई जमीन साफ-सुथरी तथा सन्दर बन जाती है।

घर में अगर थोड़ी-सी भी ऐसी जमीन हो, जहाँ धूप मिलती है तो आसानी से घरेलू बगीचा बन जा सकता है। इसमें नाना प्रकार के फूल-पत्तें लगाये जा सकते हैं और साथ ही कुछ सब्जी भी उगायी जा सकती है। लौकी, कुम्हड़ा, सेम, खीरे, टमाटर, बैंगन, मिर्च आदि के थोड़े-थोड़े पौधे समय पर लगा देने से, बहुत कम परिश्रम से हमें ये सब्जियाँ मिल सकती हैं। इसमें आर्थिक लाभ के साथ-साथ मनोरंजन भी उपलब्ध होता है।

### वस्त्र

वनस्पतिजात पदार्थों में खाद्य के बाद वस्त्र का स्थान है। साधारण सूती कपड़े से लेकर मुन्दर और चमकीले नकली रेशम, रेयन आदि के कपड़ों का मुख्य उपादान वनस्पति ही है। पहनने, ओढ़ने, बिछाने आदि सभी कामों में, सारी दुनिया में, सूती कपड़े ही सबसे अधिक इस्तेमाल होते हैं। सूती कपड़े कपास के पौधे से मिलनेवाली रूई से बनते हैं।

### कपास

कपास के पौधे भी मौसमी पौधे हैं और धान, गेहूँ आदि की तरह इनकी भी खेती की जाती है। हमारे देश में दक्षिण भारत की काली मिट्टी के इलाके में बड़े पैमाने पर कपास की खेती होती है।

कपास के पौधों में पहले फूल और फिर फल लगता है। कपास के फल के कोष के अंदर रूई होती है। असल में रूई कपास के वंश-विस्तार का साधन है। पक जाने के बाद कपास का फल फट जाता है और रूई बीज लेकर उड़ती हुई दूर-दूर तक चली जाती है और कपास के वंशविस्तार में सहायता करती है। कपास के फल के पक जाने के साथ ही उसे पौधे से तोड़ लिया जाता है ताकि रूई उड़कर बरबाद न हो सके।

रुई से, सूत बनाकर, नाना प्रकार के कपड़े तो बनते ही हैं, साथ ही उससे तोशक, रजाई, गद्दे आदि भी बनते हैं। घाव की सरहम-पट्टी के लिए तथा अन्य बहुत-से कामों में रुई की आवश्यकता होती है।

कपास के बीज को विनीला कहते हैं। इसमें तेल निकलता है। विनीले के तेल से दालदा जैसा वनस्पति घी बनता है।

### जूट या पटसन

यह भी एक मौसमी पौधा है। इसकी खेती के लिए काफी पानी की आवश्यकता होती है। पश्चिम बंगाल, आसाम तथा बिहार के पूर्वी भाग में बड़े पैमाने पर इसकी खेती होती है। भारतवर्ष को छोड़कर केवल बंगलादेश में बड़े पैमाने पर इसकी खेती की जाती है।

जूट मुख्यतः बोरा, टाट आदि बनाने में काम आता है। साथ ही इससे रस्सी आदि भी बनती है; साथ ही इससे नाना प्रकार के कपड़े भी बनते हैं। इससे गलीचा आदि भी बनाया जाता है।

### काष्ठ ( Timber )

खाद्य और वस्त्र के बाद ही वनस्पति का इस्तेमाल काष्ठ रूप में होता है। जहाज, नाव, रेल के डब्बे, रेल की पटरियाँ विछाने के पटरे तथा नाना प्रकार की गाड़ियों से लेकर घर के दरवाजे, खिड़कियाँ, छत के शहतीर, कुर्सियाँ, आलमगरियाँ, वच्चों के खिलौने, पेमिल, दियासलाइयाँ आदि बनाने में काष्ठ की आवश्यकता पड़ती है।

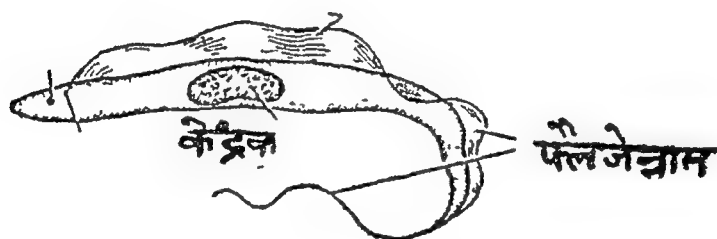
स्पष्ट है कि छोटे-छोटे पौधे घास-जातीय पौधे, झाड़ियाँ, शाक-जातीय पौधे, आरोही पौधे आदि से काष्ठ नहीं मिल सकता; केवल वृक्ष-जातीय पौधों से जो मोटे मजबूत तथा बड़े होते हैं, काष्ठ मिल सकता है। लेकिन, सभी वृक्ष-जातीय पौधों से भी व्यवहार-योग्य काष्ठ नहीं मिलता। केवल उन्हीं वृक्षों से अच्छा काष्ठ मिलता है, जिनके अंदर रेशे घनसन्निविष्ट तथा सीधे होते हैं और जिनमें पुराने तथा नये रेशे एक साथ नहीं मिले हुए होते हैं। इस प्रकार के वृक्ष को काष्ठ वृक्ष ( timber tree ) कहते हैं। ऐसे वृक्ष



३. काइथिडियल—काइथिडियल अवस्था में ट्रीपानोसोमा का शरीर और लंबा हो जाता है। इस अवस्था में फ्लैजेलाम शरीर के मध्य भाग से एक हिलनेवाली झिल्ली से जुड़ा हुआ होता है और केंद्रक शरीर के बीच में रहता है।

४. ट्रीपानोसोमाल तथा मेटासाइक्लिक ट्रीपानोसोम—ट्रीपानोसोमाल अवस्था में ट्रीपानोसोमा का शरीर पूर्ण रूप से लंबा होकर थोड़ा टेढ़ा हो जाता है और फ्लैजेलाम समस्त शरीर से दो या चार तह की झिल्ली से जुड़ा हुआ होता है। इस अवस्था में भी केंद्रक शरीर के बीच में होता है।

मेटासाइक्लिक ट्रीपानोसोम अवस्था इसकी ट्रीपानोसोमाल अवस्था के ही अनुरूप है। लेकिन साधारणतः इस समय ट्रीपानोसोमा का आकार कुछ छोटा हो जाता है। इस अवस्था में ट्रीपानोसोमा, कीट से मनुष्य में संक्रमित होता है।



[ चित्र १७३—ट्रीपानोसोमा ]

एक मनुष्य से दूसरे में यह परजीवी, खून चूसनेवाले कीटों की सहायता से संक्रमित होता है। संक्रमित मनुष्य के खून के साथ-साथ ट्रीपानोसोमा भी कीट के शरीर में प्रवेश करता है। वहाँ अपने जीवन की विभिन्न अवस्थाओं को पार करता हुआ मेटासाइक्लिक ट्रीपानोसोम अवस्था में विकसित होने के बाद जब वह कीट किसी मनुष्य या अन्य पोषक प्राणी को काटता है, उस समय यह परजीवी उस पोषक के शरीर में प्रवेश कर जाता है।

मनुष्य में संक्रमित होनेवाले चार जातियों के ट्रीपानोसोमा मिलते हैं :

१. ट्रीपानोसोमा गैम्बियेन्सिस (T. gambiense)—ट्रीपानोसोमा गैम्बियेन्सिस मध्य तथा पश्चिमी अफ्रीकी स्लिपिंग सिकनेस (sleeping sickness) उत्पन्न करता है। यह परजीवी सेटसी (Tsetse) नाम की मक्खी द्वारा मनुष्य में संक्रमित होता है।

२. ट्रीपानोसोमा रोहडसियेन्सिस (T. rhodesiense)—यह परजीवी पूर्वी अफ्रीकी स्लिपिंग सिकनेस पैदा करता है। यह भी सेटसी मक्खी द्वारा फैलाया जाता है।

३. ट्रीपानोसोमा क्रूजी (T. cruzi)—ट्रीपानोसोमा क्रूजी दक्षिणी अमेरिका में चागास रोग (Chagas disease) नाम की बीमारी पैदा करता है। रिडुवीड खटमल (Riduvud bug) नाम के कीट द्वारा इस परजीवी का संक्रमण होता है।

४. ट्रीपानोसोमा रंजेली (T. rangeli)—ट्रीपानोसोमा रंजेली नाम का परजीवी वेनिजुएला (Venezuela) तथा कोलंबिया (colombia) में मनुष्य के रक्त में मिलता है। लेकिन यह परजीवी कोई रोग नहीं पैदा करता है।

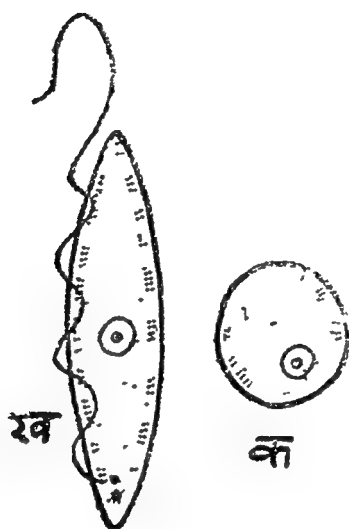
### लैशमैनिया डोनोवानी (Leishmania donovani)

लैशमैनिया डोनोवानी एक परजीवी प्रोटोजोवा है तथा मैस्टीगोफोरा वर्ग में आता है। लैशमैन तथा डोनोवान (Leishman and Donovan) नाम के दो व्यक्तियों के नाम पर इस परजीवी का नाम पड़ा है। सन् १९०३ के मई महीने में लंदन से लैशमैन ने और जुलाई महीने में मद्रास से डोनोवान ने इस जीवाणु के अस्तित्व को प्रचारित किया।

लैशमैनिया डोनोवानी मनुष्य में कालाजार (Kala-azar) नाम के रोग उत्पन्न करता है। इस रोग में शरीर का रंग काला पड़ जाता है, इसीलिए इसे कालाजार कहते हैं।

लैशमैनिया डोनोवानी अपने जीवन-चक्र को दो पोषकों के अंदर पूरा करता है। इसके जीवन-चक्र में दो अवस्थाएँ होती हैं—(१) लैशमैनियल

अवस्था (leishmanial form) तथा (२) लैप्टोमोनाड अवस्था (leptomonad form) ।



[ चित्र १७४—लैशमैनिया डोनोवानी की : क—लैशमैनियल तथा ख—लैप्टोमोनाड अवस्था ]

(१) लैशमैनियल अवस्था—लैशमैनिया डोनोवानी मनुष्य के शरीर में लैशमैनियल अवस्था में पाया जाता है। इस अवस्था में वह मनुष्य की लिम्फ-वाहिनियों के ऊतको (lymphoid tissues) में तथा प्लीहा (spleen) की रेटीकुलर कोशिकाओं (reticular cells) में घुस जाता है तथा विभाजन द्वारा द्रुत-गति से संख्या-वृद्धि करने लगता है। यह प्लीहा की कोशिकाओं को नष्ट करने के साथ-साथ एक प्रकार का विपैला पदार्थ बनाकर रक्त को दूषित कर देता है, जिससे रक्त की लाल रक्त-कणिका (red blood corpuscle) नष्ट होती जाती है और रक्त में श्वेत रक्त-कणिका (white blood corpuscle) की संख्या बढ़ती जाती है।

कालाजार की बीमारी हो जाने से जाड़े के साथ बुखार आने लगता है। शुरु में बुखार लगातार लगा रहता है या अल्प विरामी (remittent) होता है। बाद में चलकर बुखार विरामी (intermittent) हो जाता है। लगभग

२० प्रतिशत रोगियो मे इस अवस्था मे २४ घटे मे दो बार बुखार चढ़ जाता है। प्लीहा के आकार मे वृद्धि इस रोग का एक प्रमुख लक्षण है। रोग के बाद प्लीहा धीरे-धीरे बढ़ने लगती है और रेटीकुलर कोशिकाएँ नष्ट होने के कारण नरम हो जाती है। इसमे यकृत भी बड़ा हो जाता है, लेकिन प्लीहा के जितना नहीं। साथ ही लाल रक्त-कणिका नष्ट हो जाने के कारण रोगी के शरीर मे रक्त की कमी हो जाती है और त्वचा का रंग काला पड़ जाता है। त्वचा खुरदरा हो जाती है और सिर के बाल कुरकुरा होकर टूटने-गिरने लगते हैं। समय पर दवा न करने से ७५ से ९५ प्रतिशत रोगी दो माल के अंदर मर जाते हैं।

लैशमैनियल अवस्था मे इस परजीवी के शरीर मे फलैजेला (flagella) नहीं होता है। इस समय इसका शरीर गोल या अंडाकार और लंबाई मे २ से ४ माइक्रॉन होता है। कोशिका झिल्ली (cell membrane) बहुत पतली होती है और केंद्रक शरीर के मध्य भाग मे या एक किनारे रहता है। केंद्रक गोलाकार या अंडाकार होता है और उसका व्यास लगभग एक माइक्रॉन होता है। शरीर के एक किनारे एक घानी (vacuole) होती है।

इस अवस्था में यह परजीवी जब मनुष्य के रक्त मे मुक्तावस्था मे रहता है, उस समय रक्त चूसनेवाले कीट, जैसे सैंड फ्लाई (sand fly—*Phlebotomus argentipes*), मच्छर, खटमल आदि द्वारा रक्त चूसते समय उनके शरीर में चला जाता है और फिर उनमे दूसरे मनुष्य मे संक्रमित होता है।

लैप्टोमोनाड अवस्था (leptomonad stage)—सैंड फ्लाई के शरीर के अंदर परजीवी की लैशमैनिया अवस्था लेप्टोमोनाड अवस्था मे बदल जाती है। इस अवस्था मे परजीवी के शरीर मे एक फलैजेला निकल आता है। पूर्ण विकास के बाद यह पतला तथा लंबा आकार ले लेता है। इस समय इसकी लंबाई १५ से २० माइक्रॉन और चौड़ाई १ से २ माइक्रॉन तक होती है। फलैजेला भी लगभग इतना या इससे कुछ अधिक लंबा होता है, जो शरीर के सामने से निकला हुआ होता है। केंद्रक शरीर के बीच मे होता है और एक घानी सामने की ओर फलैजेला के मूल के पास होती है।

संक्रमित मनुष्य का खून चूसने के बाद सैंड फ्लाई के पेट मे लैप्टोमोनाड अवस्था में परजीवी खंड-विभजन से बढ़ता है और ६ से ९ दिन मे मुखगुहा मे

आ जाता है और फिर वहाँ से मनुष्य में सक्रमित होता है, जहाँ परजीवी लैशमनिया अवस्था प्राप्त कर रोग उत्पन्न करता है।

सैड फलाई के शरीर के अंदर के अलावा कृत्रिम रूप से संवर्धन (culture) करने पर भी इसे लैप्टोमोनाड अवस्था में पाया जाता है।

कालाजार से बचने के लिए सैड फलाई तथा मच्छर, खटमल आदि खून चूसनेवाले कीटों को मारने का प्रबंध करना चाहिए और मच्छरदानी लगाकर सोना चाहिए। कालाजार की बीमारी हो जाने पर तुरत इलाज का प्रबंध करना चाहिए। प्रारंभ में ही दवा करने में यह बीमारी आसानी से ठीक हो जाती है।

### फीता कृमि (Tape worm)

फीता कृमि प्लैटीहेल्मिथिस संघ (phylum platyhelminthes) के सेस्टोडा वर्ग (class cestoda) का प्राणी है। फीता कृमि मनुष्य की आंत में पाया जाता है। इसके दो प्रकार हैं—(१) टीनिया सैजिनाटा (Taenia saginata) तथा (२) टीनिया सोलियम (Taenia solium)। मनुष्य के शरीर में फीता कृमि घुस जाने से रक्तक्षीणता (anaemia) हो जाती है, जिससे मनुष्य आसानी से अन्य रोगों का शिकार हो जाता है। साथ ही इन परजीवियों के चलते मनुष्य में अजीर्णता तथा आंत की नाना प्रकार की बीमारियाँ हो जाती हैं।

फीता कृमि के जीवन-चक्र को संपूर्ण करने के लिए दो पोपको की आवश्यकता होती है। टीनिया सैजिनाटा का जीवन-चक्र मनुष्य तथा गाय-भैंस में और टीनिया सोलियम का जीवन-चक्र मनुष्य तथा सुअर में संपूर्ण होता है।

फीता कृमि का शरीर चिपटा, लंबा तथा खंडों में बँटा हुआ होता है। इसके शरीर को तीन भागों में बाँटा जा सकता है—सिर, गर्दन तथा धड़। इसका सिर एक छोटी-सी घुंड़ी जैसा होता है। उसमें कई हूक और चार चूसक (suckers) होते हैं। इन्हीं की सहायता से फीता कृमि मनुष्य की आंत की दीवारों से चिपका रहता है। इसमें आँख, मुँह आदि नहीं होते

और यह अपनी त्वचा की सहायता से ही पोषक के शरीर से पचे हुए भोजन का रस सोख लेता है।

सिर के नीचे फीता कृमि की गर्दन होती है। इसी अंग में इसके शरीर की वृद्धि होती है और नये-नये देह-खंड बनते हैं।

गर्दन के नीचे फीता कृमि का घड़ होता है। इसका घड़ देहखंड (segments or proglottids) में बँटा हुआ होता है। टीनिया सैजिनेटा के घड़ में १००० से २००० देहखंड होते हैं। टीनिया सोलियम के घड़ में देह-खंड की संख्या ८०० से ६०० तक होती है। पूर्ण विकसित टीनिया सैजिनेटा ५ से १० मीटर तक और टीनिया सोलियम २ से ३ मीटर तक लंबे होते हैं। इनके देह खंड १ से १½ से० मी० चौड़े होते हैं। टीनिया सैजिनेटा १० साल तक और टीनिया सोलियम २५ साल तक जिंदा रह सकते हैं।

फीता कृमि में नर और मादा अलग-अलग नहीं होते। इसके प्रत्येक देहखंड में स्त्री तथा पुरुष जननांग मौजूद होते हैं। पूर्ण विकसित देहखंड अंडे से भर जाता है और फिर शरीर से टूटकर अलग हो जाता है तथा मनुष्य के मल के साथ बाहर निकल जाता है। टीनिया सैजिनेटा का प्रत्येक देहखंड अलग-अलग टूटकर बाहर निकलता है, लेकिन टीनिया सोलियम के देहखंड के ५ या ६ खंड एक साथ जमीर की तरह बाहर निकल आते हैं। बाद में देहखंड फट जाने से अंडे बाहर निकल आते हैं। फीता कृमि के अंडे काफी प्रतिरोधी (resistant) होने के कारण ८ हफ्ते तक जनन-उपयोगी बने रहते हैं।

### फीता कृमि का जीवन-चक्र

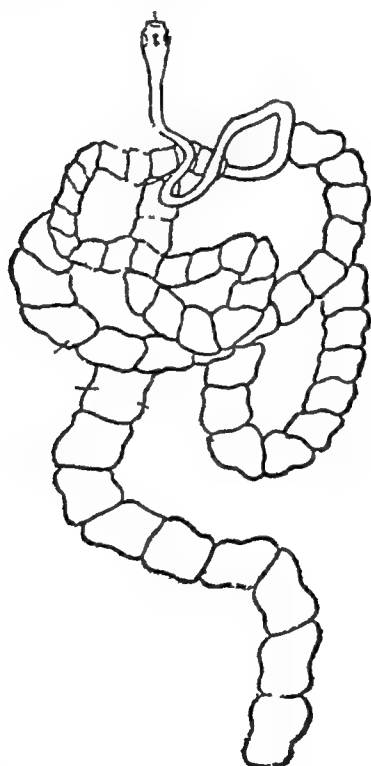
#### टीनिया सैजिनेटा

मनुष्य टीनिया सैजिनेटा का मुख्य पोषक है। गाय, बैल तथा भैंस इसके मध्यवर्ती (intermediate) पोषक होते हैं।

पूर्ण विकसित कृमि मनुष्य के क्षुद्रांत्र के (small intestine) में रहता है। यहाँ से अंडे से पूर्ण देहखंड मल के साथ बाहर निकल जाता है और उसमें से अंडा निकल कर आस-पास के घास-पात पर पड़ा रहता है। जब गाय-भैंस आदि इन घास-पातों को खा लेती हैं उस समय अंडे इनके साथ उनके आहार-नाल (alimentarv canal) में पहुँच जाते हैं। आहार-नाल के अंदर अंडे टूट

जाते हैं और उनसे भ्रूण निकल आते हैं। भ्रूण आँत की दीवार में घुसकर निवाहिका शिरा (portal vein) में होकर यकृत, हृदय और फेफड़े में पहुँचता है और फिर रक्त के साथ चलकर पेशियों के ऊतकों के अंदर जम जाता है। संक्रमण के लगभग ८ दिन के बाद भ्रूण एक अंडाकार पुटी (vesicle) में बदल जाता है। पुटी के निचले भाग में कृमि का लार्वा होता है जो बाद में चलकर इसका सिर बन जाता है। इसे सिस्टीसर्कस (cysticercus) कहते हैं। भ्रूण से सिस्टीसर्कस बनने में ६० से ७० दिन तक लगता है। यह कृमि, रहने के लिए, साधारणतः जिह्वा, गर्दन, कंधा तथा कूल्हे की पेशियों को चुनती है।

गाय-भैंस आदि का, इस प्रकार से संक्रमित मांस, अच्छी तरह पकाये बिना खा लेने से सिस्टीसर्कस मनुष्य के आहार-नाल में चला जाता है और



[ चित्र १७५—फीता कृमि—टीनिया सोलियम ]

वहाँ पित्त-रस के संपर्क में आ जाने पर उसके अंदर का लार्वा या स्कोलेक्स (scolex) सक्रिय हो उठता है। फिर स्कोलेक्स अपने हुकों की सहायता से

आँत की दीवार में चिपक जाता है और धीरे-धीरे उसके नीचे देहखंड उत्पन्न होने लगता है। दो-तीन महीने के अन्दर कृमि पूर्ण विकसित हो जाती है और देहखंडों में अड़ा पैदा होने लगता है। फिर अड़े समेत देहखंड टूटकर मल के साथ बाहर निकल जाता है और कृमि के जीवन-चक्र का नया दौर शुरू हो जाता है।

### टीनिया सोलियम

टीनिया सोलियम का भी मुख्य पोषक मनुष्य है। लेकिन इसका मध्यवर्ती पोषक सुअर (pig) है। टीनिया सोलियम का जीवन-चक्र भी टीनिया सैजिनेटा के जीवन-चक्र जैसा ही है। कृमि के अंडे-समेत मनुष्य के मल को खा लेने के बाद टीनिया सैजिनेटा की तरह इसके भी सिस्टीसर्कस नुबर की पेशियों के ऊतकों के अन्दर जाकर जम जाता है और बिना अच्छी तरह पकाया हुआ ऐसा मांस खा लेने के बाद मनुष्य इससे संक्रमित हो जाता है।

इसलिए फीता कृमि केवल उन्हीं मनुष्यों पर आक्रमण कर सकता है जो गाय-भैंस या सुअर का मांस खाते हैं। इस कृमि के आक्रमण से बचने के लिए मांस को खूब पकाकर खाना चाहिए। साथ ही, इधर-उधर मल-त्याग नहीं करना चाहिए तथा यथासंभव मल को या तो मिट्टी में गहरे दबा देना चाहिए या जला देना चाहिए।

### हूक वर्म (Hook worm) या अंकुश कृमि

हूक वर्म एनकाइलोस्टोमा डुओडोनेल (ancylostoma duodonale) निमाथेल्मिथिस (Nemathelminthes) संघ के निमाटोडा (nematoda) वर्ग का प्राणी है। यह मनुष्य के क्षुद्रांत्र की दीवार में लटका रहता है और खून चूसता है। इससे मनुष्य के शरीर में खून की कमी हो जाती है, मनुष्य सुस्त पड़ जाता है और आसानी से अन्य रोगों का शिकार हो जाता है।

पूर्ण विकसित हूक वर्म भूरापन लिये हुए सफेद रंग का होता है। इसमें नर और मादा, दोनों होते हैं। नर लगभग ८ मि० मी० और मादा कृमि लगभग १२ मि० मी० लम्बे, बेलनाकार तथा सूत जैसे पतले होते हैं। कृमि के शरीर का अग्रभाग पीठ की ओर थोड़ा-सा हूक जैसा मुड़ा हुआ होने के कारण इसे हूक वर्म या अंकुश कृमि कहते हैं। मुख शरीर के अग्रभाग के



अंत में न खुलकर पीठ की ओर खुलता है। बड़े से मुख-कोष ( buccal capsule ) में नीचे की ओर ६ दांत और ४ हूक जैसी संरचना तथा ऊपर की ओर २ त्रिकोण गाँठ जैसे प्लेट होते हैं। इसके पाचक तंत्र के साथ ५ ग्रंथियाँ होती हैं, जिनमें से एक ग्रन्थि से निकला हुआ रस खून को थक्का-बधने (clotting) से रोकता है।

इस कृमि के जीवन-चक्र में एक ही पोषक होता है। यह पोषक मनुष्य है। लेकिन मनुष्य के शरीर के अन्दर इसका जीवन-चक्र पूरा नहीं हो-पाता है।

### हूक वर्म का जीवन-चक्र

मनुष्य की आंत के अन्दर मादा कृमि अंडे देती है। अंडे रंगहीन, अंडाकार या दीर्घवृत्ताकार (elliptical) होते हैं। इसकी लम्बाई लगभग ६५ माइक्रान और चौड़ाई ४० माइक्रान होती है। अण्डा पारभासक झिल्ली से घिरा हुआ रहता है तथा बाहर निकलते समय ४ कोशिकीय अवस्थाओं में होता है। मनुष्य के मल के साथ अंडे बाहर निकल आते हैं और वही थोड़ी-सी नमी पाने से प्रत्येक अण्डे में एक रेवडिटीफर्म (Rhabditiform) लार्वा निकल आता है। इस समय इसकी लम्बाई लगभग २५० माइक्रान होती है। मिट्टी पर अण्डे से लार्वा निकलने में लगभग ८ घंटे लगते हैं। तीसरे और पाँचवें दिन दो बार निर्मोचन (moulting) के बाद रेवडिटीफर्म लार्वा, ५०० माइक्रान से ६०० माइक्रान लंबा, फिलारी फर्म लार्वा (filariform larva) बन जाता है। आम तौर पर अंडे से फिलारी फर्म लार्वा बनने में ८ से १० दिन लगता है। हूक वर्म फिलारीफर्म लार्वा अवस्था में मनुष्य में संक्रमित होता है।

फिलारीफर्म लार्वा जमीन पर डूधर-उधर रेंगता रहता है और मनुष्य के नंगे पैर से चिपककर अंगुलिओं के बीच के नरम स्थान को छेद करके शरीर के अन्दर घुस जाता है और रक्त के साथ घूमता हुआ आंत में पहुँच जाता है। इस दौरान में उसका तीसरा निर्मोचन होता है और मुखकोष-बन जाता है। आंत में पहुँचने के बाद इसका चौथा तथा अन्तिम निर्मोचन होता है और दाँत, हूक आदि के साथ मुख-कोष निकल आता है। अब वह आंत की दीवारों से लटक जाता है और उसका नया जीवन-चक्र शुरू हो

जाता है। तीन हफ्ते में कृमि संपूर्ण विकसित हो जाता है और मादा अण्डा देने लगती है। त्वचा पर सक्रमण से लेकर मल के साथ अण्डा निकलने में लगभग छह सप्ताह समय लगता है।

इधर-उधर मलत्याग करना इस बीमारी को फैलाने में सबसे अधिक सहायक होता है। प्रत्येक व्यक्ति का सामाजिक कर्तव्य होता है कि निश्चित स्थान में मलत्याग करे तथा उसे गहरे मिट्टी में दबा दे या जला दे। खाली पैर नहीं चलने से इसके आक्रमण से बचा जा सकता है। इसका आक्रमण होने से तुरत चिकित्सक से सलाह लेनी चाहिए। कई प्रकार की दवाओं से हृकवर्म मर जाता है।

### सूत्र कृमि ( Thread worm ) या चुन्ने

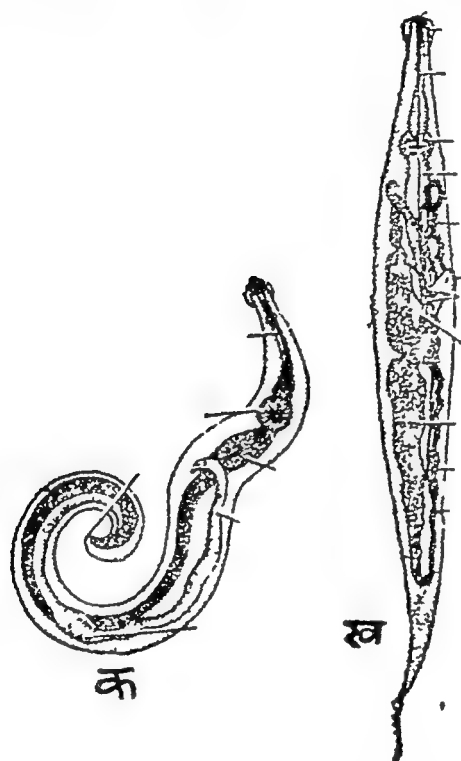
सूत्र कृमि—एटरोवियस वार्मिकुलारिस ( *Enterobius vermicularis* ) निमाटोडा वर्ग का प्राणी है। यह कृमि साधारणतः बच्चों में पाया जाता है। कभी-कभी वयस्क व्यक्तियों में भी यह कृमि हो जाता है। यह बड़ी आंत, सीकम ( caecum ) तथा वार्मिफॉर्म एपेंडिक्स ( vermiform appendix ) में रहता है और खून चूसकर पोषक को कमजोर बना देता है। बच्चों में यह कृमि हो जाए तो उनका बढ़ना रुक जाता है और सोते समय वे दांत में दांत रगड़ते रहते हैं।

सूत्र कृमि देखने में छोटे-छोटे सूत के टुकड़े जैसे होते हैं। इनमें मादा तथा नर, दोनों होते हैं। नर २ से ४ मि० मी० लंबे और मध्य में ०.१ से ०.२ मि० मी० चौड़े होते हैं। नर के शरीर का पिछला भाग मुड़ा हुआ तथा दृढ़ हुआ जैसा होता है। मादा की लंबाई ८ से १२ मि० मी० और मध्य भाग की मोटाई ०.३ से ०.५ मि० मी० तक होती है। इसका पिछला भाग सीधा और नुकीला होता है।

### जीवन-चक्र

सूत्र कृमि का जीवन-चक्र एक ही पोषक में संपूर्ण होता है। मनुष्य ही इसका एक मात्र पोषक होता है। खाने-पीने की चीजों के साथ या अन्य किसी तरीके से मनुष्य के पेट में पहुँचने के बाद हजमी रसों से अंडे का खोल घुल जाता है और कृमि का लार्वा छोटी आंत में निकल आता है। यहाँ लैंगिक

रूप से परिपक्व हो जाने पर नर मादा को संसेचित कर देता है और मर जाता है। संसेचित मादा कृमि वहाँ से बड़ी आँत, सीकम तथा वार्मिफॉर्म एपेन्डिक्स में आ जाती है और जवतक अंडे पूर्ण विकसित नहीं होते तब तक वहीं रह जाती है। अंडे विकसित हो जाने के बाद मादा कृमि मलद्वार से बाहर निकल आती है और मलद्वार के चारों ओर के चमड़े पर अंडे देती



[ चित्र सं० १७६—सूत्र कृमि, क—नर, ख—मादा ]

है। अंडे देने के बाद मादा सूत्र कृमि २ से ३ हफ्ते के अंदर मर जाती है। प्रत्येक अंडे के अंदर टैडपोल नुमा (tadpole-like) एक लार्वा होता है जो आक्सीजन की उपस्थिति में २४ से ३६ घंटे में पूर्ण विकसित हो जाता है। अंडा किसी तरह मनुष्य के पेट में पहुँच जाने पर सूत्र कृमि का जीवन-चक्र फिर से शुरू हो जाता है। इसका जीवन-चक्र २ से ४ सप्ताहों में पूरा होता है।

इससे बचने के लिए हमेशा साफ-सुथरा रहना चाहिए। खाने की कच्ची चीजों को अच्छी तरह धोकर ही खाना चाहिए। पानी उबाल कर पीना चाहिए। खाने-पीने से पहले हाथ-मुँह अच्छी तरह धो लेना चाहिए। बच्चों के कपड़े और बिस्तरे को गर्म पानी से साफ करना चाहिए।

### गोल कृमि (*Round worm*)

गोल कृमि ऐस्केरिन लुंब्रीकोइडिस (*Ascaris lumbricoides*)— देखने में माधारण केंचुआ जैसा होता है। यह कृमि मनुष्य की आंत में सक्रमित होनेवाले परजीवी नेमाटोड में सबसे बड़ा होता है। मनुष्य में इसका जीवन-काल लगभग एक साल होता है। गोल कृमि बेलनाकार लंबा और दोनों सिरे पर पतला होता है। इसका मुँह सामने की ओर खुलता है, जिसमें भारीक दाँतवाले तीन ओंठ होते हैं। इनमें मादा और नर दोनों होते हैं। नर का पिछला भाग ठूक जैसा मुड़ा हुआ होता है, जिसके अंत में क्लोएका द्वार (cloacal aperture) तथा दो कटिकाएँ (spicules) होते हैं। नर १५ से २५ सें० मी० लम्बा होता है और इसके शरीर का व्यास ३ से ४ मि०मी० होता है।

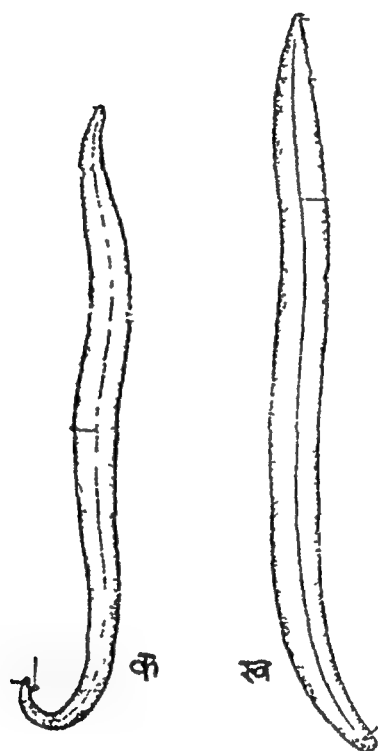
मादा कृमि नर से बड़ी होती है। इसकी लम्बाई २५ से ४० सें० मी० और व्यास ५ मि० मी० होता है। मादा का पिछला भाग कोनाकार तथा सीधा होता है, जिसके नीचे की ओर एक दरार की तरह गुदा खुलती है। मादा गोल कृमि प्रति दिन लगभग २,००,००० तक अण्डे दे सकती है। मादा का योनि-द्वार शरीर के सामने से दो तिहाई भाग पर होता है। यह स्थान पतला होता है और इसे भग-कमर (vulvar waist) कहते हैं।

### जीवन-चक्र

गोल कृमि का जीवन-चक्र एक ही पोषक-मनुष्य में संपूर्ण होता है। मादा कृमि मनुष्य की छोटी आंत में अण्डे देती है जो मल के साथ बाहर निकल आता है। शुरू में यह अण्डा मनुष्य में संक्रमण योग्य नहीं होता है, लेकिन १० से ४० दिन में अण्डे के खोल के अन्दर एक रेवडिटी फार्म लार्वा (rhabditi form larva) विकसित होता है। लार्वा के विकास के लिए आवश्यक समय, वातावरण के तापमान तथा नमी पर निर्भर करता

है। यह विकास पोषक मनुष्य के शरीर के बाहर मिट्टी पर होता है। रेवडिटो फार्म लार्वा बन जाने के बाद अण्डा मनुष्य को संक्रमित कर सकता है।

खाने-पीने की चीजों के साथ इस प्रकार परिपक्व अण्डा मनुष्य के आहार-नाल में प्रवेश करके ग्रहणी (duodenum) में चला जाता है। जहाँ



[ चित्र १७७—गोल कृमि : क—नर, ख—मादा ]

पर पाचक रस अडे के खोल को कमजोर बनाने के साथ-साथ लार्वा को सक्रिय कर देता है और अंत में खोल टूट जाता है तथा रेवडिटो फार्म लार्वा बाहर निकल आता है। इस समय इसकी लम्बाई लगभग ०.२५ मि० मी० और चौड़ाई लगभग १४ माइक्रान होती है। लेकिन यह लार्वा सीधे कृमि नहीं बनता। पहले वह आंत की श्लेष्म झिल्ली में घुसकर रक्त के साथ यकृत में पहुँचता है। वहाँ से ३ से ४ दिन बाद निकलकर हृदय में

पहुँचता है और फिर फेफड़े में। यहाँ उसका दो बार निर्मोचन (moulting) होता है—पहले पाँचवाँ या छठे दिन और फिर दसवें दिन। फेफड़े से रैगता हुआ लार्वा गले के अन्दर ग्रसनी में जा जाता है और फिर आहार-नाल से पेट के अन्दर आकर छोटी आंत के ऊपरी भाग में रह जाता है। इस बीच में २५ वें से २९ वें दिन के अन्दर लार्वा का एक और निर्मोचन होता है और लार्वा कृमि के रूप में विकसित हो जाता है। संक्रमण के ६ से १० हफ्ते के अंदर कृमि का पूर्ण विकास हो जाता है और संनेचित मादा अंडे देने लगती है। अण्डा मल के साथ बाहर निकल आता है और कृमि का जीवन-चक्र फिर से शुरू हो जाता है।

गोल कृमि के चलते मनुष्य में रक्त की कमी हो जाती है। कभी-कभी यह आंत में बाधा उत्पन्न करके मनुष्य का जीवन संकट में डाल देती है। गोल कृमि के शरीर से निकलनेवाला रस शरीर में विष-क्रिया करके टाय-फायड जैसा ज्वर उत्पन्न कर सकता है। इस रस की विष-क्रिया से मुँह पर त्वचा-शोथ (oedema) आदि एलर्जी उत्पन्न होता है। अविक संख्या में लार्वा द्वारा फेफड़े संक्रमित होने से न्यूमोनिया (pneumonia) जैसा बुखार, खाँसी आदि हो जाती है।

आक्रांत व्यक्ति का मल मिट्टी में गहरे दबा देना चाहिए ताकि कृमि दूसरे में संक्रमित न हो सके। यह हमारा सामाजिक कर्तव्य है। आक्रांत व्यक्ति की उचित चिकित्सा कराना चाहिए।

### यूचेरेरिया बैंक्रफ्टाई ( *Wuchereria bancrofti* )

फाइलेरिया रोग उत्पन्न करनेवाला यह कीड़ा केवल मनुष्य के लसीका-वाहिका (lymphatic vessels) या लसीका-ग्रंथियों (lymphatic nodes) में मिलता है। यह मुख्यतः गर्म देशों में पाया जाता है। यह नेमाटोड वर्ग का प्राणी है। इसका शरीर बाल जैसा और पारदर्शी होता है। पूर्ण विकसित सूत्राकार कीड़े का सिर थोड़ा-सा फूला हुआ गोलाकार होता है। विकसित कीड़े का जीवन-काल ४ से ५ साल तक होता है। इसका नर लम्बाई में २.५ से ४ से०मी० और मोटाई में ०.१ मि०मी० होता है। इसकी मादा की लम्बाई ८ से १० से० मी० और मोटाई ०.२ से ०.३

मि०मी० होती है। इसके नर और मादा एक साथ लिपटे हुए मिलते हैं और दोनों को अलग करने में कठिनाई होती है।



[ चित्र १७८—यूचेरिया बैक्रपटार्ड-लार्वा ]

### जीवन-चक्र

यूचेरिया बैक्रपटार्ड का जीवन-चक्र दो पोषको में पूर्ण होता है। मनुष्य इसका प्रधान पोषक तथा खून चूसनेवाली मादा मच्छर इसका मध्यवर्ती पोषक है।

मादा कीट लसीका के अन्दर, सक्रिय भ्रूण, जिसे माइक्रो फाइलेरियाई कहते हैं, उत्पन्न करती है जो लसीका-ग्रन्थि से मुख्य लसीका-कांड (lymphatic trunk) से होता हुआ रक्त स्रोत में पहुँचता है। यह बहुत सक्रिय होता है और रक्त स्रोत की दिशा में या विपरीत दिशा में जा सकता है। भ्रूण की लम्बाई लगभग २९० माइक्रान और चौड़ाई लगभग ६ से ७ माइक्रान होती है। भ्रूण एक पारदर्शक खोल के अन्दर बन्द रहता है जो आकार में उससे काफी लंबा—३६५ माइक्रान तक होता है। भ्रूण इसके अंदर आगे-पीछे चल सकता है। भारत और चीन में मिलनेवाला माइक्रो फाइलेरियाई हमेशा परिधिस्थ (peripheral) रक्त में नहीं मिलता है। इन देशों में यह केवल

ग० वि०—३६

रात में १० से ४ बजे तक ही परिधिस्थ रक्त में मिलता है। दिन के समय वह फेफड़े, गुर्दे, हृदय तथा वृहत् धमनी में चला जाता है। संभवतः, चूँकि इसका मध्यवर्ती पोषक मादा मच्छर केवल रात को ही खून चूसती है, इसलिए यह रात को परिधिस्थ रक्त में चला आता है ताकि इसका जीवन-चक्र चलता रहे। भारत में क्यूलेक्स फैटीगनस (*Culex fatigans*) जाति की मादा मच्छर इस कीड़े के मध्यवर्ती पोषक का काम करती है तथा रोग फैलाती है।

खून चूसते समय खोल-समेत भ्रूण मादा मच्छर के जठर के सामने के अंश में जाकर जमा होता है। यहाँ एक से दो घंटे के अंदर वे अपने खोल से निकल आते हैं और जठर की दीवार में घुस जाते हैं तथा गले की पेशियों में चले आते हैं। यहाँ तीन बार अवस्था परिवर्तन के बाद १०वें या ११वें दिन उनका परिवर्तन सम्पूर्ण हो जाता है। अब उनके जननांग, पाचक-तंत्र तथा देहगुहा संपूर्ण रूप से विकसित हो जाते हैं। इस तृतीय अवस्था में लार्वा १५०० माइक्रान से २००० माइक्रान तक लंबा और १८ से २३ माइक्रान तक चौड़ा होता है। इस अवस्था में लार्वा मनुष्य में सक्रमण योग्य बन जाता है और लगभग १४ वें दिन मादा मच्छर के शुंड (*proboscis*) में आ जाता है। यह मादा मच्छर जब मनुष्य को काटती है उस समय लार्वा, मैलेरिया परजीवी जैसा, सीधे खून में नहीं चला जाता, बल्कि साधारणतः जोड़े-जोड़े में त्वचा में मच्छड़ द्वारा किये गए छेद के पास छोड़ दिये जाते हैं। वहाँ से लार्वा उस छेद में से होकर अपने आप मनुष्य के शरीर में घुस जाता है और लसीका-वाहिका या लसीका-ग्रन्थि में जाकर जम जाता है। यहाँ वह बढ़ने-लगता है और ५ से १८ महीने में पूर्ण विकसित हो जाता है। इसके बाद नर द्वारा ससेचित मादा माइक्रोफाइलेरियाई की नयी पीढ़ी को जन्म देती है और कीड़े का जीवन-चक्र फिर से शुरू हो जाता है।

यूचेरिया वैक्रफ्टाई मनुष्य के केवल लसीका-तंत्र (*lymphatic system*) पर ही आक्रमण करता है और उसमें हानिकारक परिवर्तन लाता है। इस कीड़े के आक्रमण से उत्पन्न रोग को फाइलेरिया रोग (*filariasis*) कहते हैं। पूर्ण विकसित यूचेरिया वैक्रफ्टाई जीवित या मृत, दोनों अवस्थाओं में फाइलेरिया रोग उत्पन्न कर सकता है। फाइलेरिया में लसीका-तंत्र में



लसीकायनी शोथ (lymphangitis) रोग उत्पन्न होता है, जिसमें लसीका तंत्र में स्थान-विशेष सूज जाता है और कभी-कभी वह बहुत बड़ा हो जाता है। हाथी पाँव (elephantiasis) रोग इसी कीड़े के चलते हो जाता है। वर्षों तक इस परजीवी का शिकार होने के फलस्वरूप यह रोग हो जाता है। उस स्थान की त्वचा भी मोटी तथा खुरदरी हो जाती है। लेकिन आमतौर पर नीचे की पेशियो तथा हड्डियों पर इसका कोई असर नहीं पड़ता है। साथ ही, इस परजीवी द्वारा उत्पन्न विष के कारण समय-समय पर दुखार भी चढ़ जाता है।

रक्त के अंदर रहने तथा सक्रिय होने पर भी माइक्रो फाइलेरियाई अवस्था में युचेरेरिया वैक्रप्टाई का भ्रूण मनुष्य को कोई हानि नहीं पहुँचाता है।

मच्छर का नाश करना इस रोग से बचने का सर्वश्रेष्ठ उपाय है। इस रोग के सक्रमण से बचने के लिए हमेशा मच्छरदानी लगाकर सोना चाहिए तथा मच्छर के काटने से बचने का प्रयत्न करना चाहिए। फाइलेरिया रोग के रोगी को तो अवश्य ही रात में मच्छरदानी के अंदर सोना चाहिए ताकि मच्छर उनके खून के साथ माइक्रो फाइलेरियाई को अपने अंदर न ले सके। फाइलेरिया से रोगग्रस्त हो जाने पर, चिकित्सक के परामर्श के अनुसार लंबे अर्से तक हेट्राजन आदि दवाइस्तेमाल करनी चाहिए।

### घरेलू मक्खी

दुनिया में ज़ायद ही ऐसा कोई स्थान हो जहाँ मक्खी न दिखाई पड़ती हो। फिर भी यह सही है कि मक्खी गंदे स्थानों में ही अधिक मिलती हैं। बरसात के दिनों में मक्खियाँ अधिक मिलती हैं। मक्खी परजीवी प्राणी नहीं है और न मनुष्य का खून ही चूसती है। साथ ही, मक्खी अपने-आप कोई रोग उत्पन्न नहीं करती; लेकिन रोग-जीवाणु के वाहक के रूप में घरेलू मक्खी जैसी भयंकर हानिकारक प्राणी और कोई नहीं है।

मक्खी आरश्रोपोडा संघ के इनसेक्टा वर्ग की प्राणी है। इसका शरीर सिर, वक्ष तथा उदर में बँटा हुआ होता है। इसके वक्ष के नीचे तीन जोड़ी टाँगें हाता हैं। टाँगों के नीचे एक-एक जोड़ा नुकीले काँटे और एक-एक गद्दी जैसी संरचना होती है। इन गद्दियों से एक प्रकार का चिपचिपा रस निकलता

रहता है, जिसकी सहायता से मक्खी चिकनी सतह पर या उल्टी लटक कर चल सकती है। इसके वक्ष के ऊपर दो जोड़े पंख होते हैं। इनमें केवल अगले दो पंख उड़ने में काम आते हैं। पिछले दो पंख छोटे होते हैं और शरीर की सतुलन-रक्षा करने में सहायता करते हैं।

घरेलू मक्खी के सिर पर दो बड़ी-बड़ी लाल रंग की संयुक्त आँखें होती हैं। इनके चलते मक्खी की दृष्टि-शक्ति काफी तेज होती है और आँखें उभरी हुई होने के कारण, बिना सिर घुमाये ही वह चारों ओर देख सकती है।

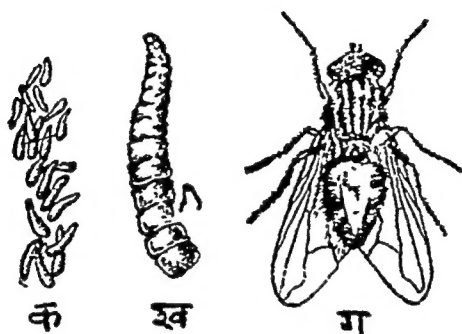
मक्खी के सिर पर दो शृंगिकाएँ (antenna) होती हैं और नीचे की ओर एक शृङ्ग (proboscis) होता है। मक्खी ठोस पदार्थ नहीं खा सकती। वह शृङ्ग की सहायता से केवल द्रव पदार्थ ही चूस सकती है। ठोस पदार्थ को अपनी लार की सहायता से घोल बनाकर मक्खी उसे चूस लेती है। मल-मूत्र आदि गदे-से-गदे पदार्थ से लेकर अच्छे-से-अच्छे खाद्य पदार्थ सभी मक्खी के भोजन हैं। गदे पदार्थ से खाद्य पदार्थ पर जा बैठने में मक्खी को कुछ भी देर नहीं लगती और इसी क्रम में मक्खी रोग-विस्तार करती है।

### जीवन-चक्र

९.

गर्मी और बरसात के दिनों में मादा मक्खी अंडे देती है। वह एक बार में लगभग एक सौ से डेढ़ सौ तक अंडे देती है और प्रति वर्ष चार-पाँच बार अंडे देती है। अंडे देने के लिए मादा मक्खी सड़े-गले गोबर का ढेर, कूड़े का ढेर, सड़े-गले फल या अन्य गदे पदार्थ खोज लेती है। मक्खी के अंडे सफेद रंग के होते हैं और लगभग एक मिली मीटर लंबे होते हैं। अंडा देने के ८ से २४ घंटे के अंदर उनमें से बहुत-से छोटे-छोटे लार्वा निकल आते हैं। सड़े-गले पदार्थ का रस खाकर लार्वा तेजी से बढ़ने लगता है और ३-४ दिन के अंदर दो बार चोला बदलकर लगभग १२ मि० मी० लंबा हो जाता है। लार्वा के टांगे नहीं होती हैं; लेकिन चलने के लिए उनके शरीर के अंतिम खंड में सात जोड़ी कटीली गद्दी जैसी संरचनाएँ होती हैं। श्वास लेने के लिए उनके शरीर में दो श्वास-रंध्र होते हैं। लगभग सात दिन बाद, तीसरी बार, चोला बदल कर लार्वा सिकुड़ कर, ढोल के आकार का, निष्क्रिय प्यूपा बन जाता है।

प्यूपा का आवरण कड़ा तथा भूरे रंग का होता है। इस आवरण के अंदर रूपांतरण होकर प्यूपा से मक्खी बन जाती है। रूपांतरण संपूर्ण होने में ४-५ दिन लगता है। उसके बाद प्यूपा के ऊपर का आवरण—जिसे प्यूपा-कोष (puparium) कहते हैं—का एक सिरा टूटकर अलग हो जाता है और अंदर से मक्खी बाहर निकल आती है।



[ चित्र स० १७९—मक्खी का जीवन-चक्र ]

क—अंडा, ख—लार्वा, ग—मक्खी

### रोग-विस्तार

मक्खी बहुत ही गंदी आदतवाली और लालची होती है। अपनी गंदी और लालची आदत के कारण मक्खी रोग-जीवाणु, परजीवी के अंडे तथा अन्य विपरीत पदार्थयुक्त मल-मूत्र, रक्त, कैं, थूक, घाव, मवाद तथा अन्य सड़ी-गली वस्तुओं पर जा बैठती है और उनके कुछ अंश अपनी बालयुक्त टांगों तथा शरीर के अन्य भागों में चिपकाकर लाकर खाद्य पदार्थ में या शरीर पर लगा देती है। साथ ही, मक्खी जीवाणु आदि को अपनी आहार-नली में जमा कर लेती है और खाद्य पदार्थों पर उन्हें उगल देती है। इस प्रकार से मक्खी हैजा, पेचिस, टायफाइड, दस्त की बीमारी, आँख की बीमारी, क्षय रोग, चेचक आदि कितने ही रोगों को फैलाकर मनुष्य को हानि पहुँचाती है।

### वचाव

मक्खी गंदगी में पनपनेवाली है। यह सड़ी-गली गंदी चीजों पर ही अंडे देती है और गंदगी में ही बढ़ती है। इसलिए मक्खियों से बचने का सर्वश्रेष्ठ

उपाय सफाई से रहना है। गोबर, कूड़ा-करकट, सड़ी-गली चीजें आदि जमीन में गड़ढा खोदकर दबा देनी चाहिए। नालियों, पाखानो आदि को नियमित रूप से फिनाइल से धोना चाहिए। फिनाइल, चूना, डी० डी० टी० आदि से मक्खी के अंडे तथा लार्वा मर जाते हैं। घरों में डी० डी० टी०, प्लीट आदि कीटनाशक दवाएँ छिड़कने से मक्खी मर जाती है। साथ ही, खाने-पीने की चीजों को हमेशा ढककर रखना चाहिए ताकि उनपर मक्खी न बैठने पावे।

### दीमक

धातु, काँच आदि थोड़ी-सी चीजों से बनी हुई वस्तुओं के अलावा शायद ही कोई ऐसी चीज हो, जिसे दीमक खराब न करती हो। लकड़ी की चीजे, उपस्कर, कपड़े-लत्ते, किताब, कागज, अनाज, चमड़े की चीजे, पेड़-पौधे आदि सभी पर दीमक हमला कर देती है और उन चीजों को ऐसे चट कर जाती है कि वे किसी काम लायक नहीं रह जाती।

दीमक भी मधुमक्खी जैसी सामाजिक प्राणी है। ये भी बस्ती बनाकर, हजारों की सख्या में, एक साथ रहती है। इनकी बस्ती मिट्टी के नीचे होती है। दीमक की प्रत्येक बस्ती में एक रानी दीमक, थोड़े-से नर दीमक, हजारों श्रमिक दीमके और कुछ सैनिक दीमके होती है। रानी दीमक अन्य सभी दीमकों से काफी बड़ी होती है और उसका काम केवल अंडा देना होता है। रानी दीमक प्रतिदिन कई हजार अंडे देती है। नर दीमक का काम केवल अंडों को संसेचित करना होता है। इसलिए प्रत्येक बस्ती में उनकी सख्या अधिक नहीं होती। सैनिक दीमके काफी तगड़ी होती है और वे शत्रु के आक्रमण से बस्ती की रक्षा करती है। बस्ती का अन्य सभी काम श्रमिक दीमके करती हैं। वे बस्ती बनाती है, उसकी मरम्मत करती हैं, सब के लिए खाना जुटाती हैं, अंडों की देखभाल करती है और अन्य सभी काम करती हैं। हमें साधारणतः श्रमिक दीमके ही दिखाई पड़ती है। इस प्रकार दीमकों के समाज में स्पष्ट श्रम-विभाजन है।

“ जबतक रानी दीमक को मारा नहीं जाता, तबतक दीमक से बचना संभव नहीं है। ऊपर से कितनी ही दीमकों को क्यों न मारा जाय, फिर भी

इनके हमल चलते ही रहते हैं। कारण यह है कि रानी दीमक बस्ती में बैठ कर रोज हजारों अंडे देती रहती है और उनसे रोज हजारों नयी दीमकें पैदा होती रहती हैं। बस्ती मिट्टी में, काफी गहराई में होती है, इसलिए उसे खोजकर रानी दीमक को मारना कठिन काम है।

दीमक चीजों को खाकर मिट्टी बना डालती है। कभी-कभी इस प्रकार की बनावट गई मिट्टी के टीले काफी ऊँचे होते हैं।

लकड़ी में तारकोल, मिट्टी का तेल आदि लगा देने से उनमें दीमक नहीं लगती है। डी० डी० टी०, गैमेक्सन आदि कीटनाशक दवाओं से भी दीमक मर जाती है।

